

2.6 Interpretación Variables Cruzadas

Los resultados obtenidos en los doce puntos de muestreo pueden interpretarse a partir de un análisis comparativo de las variables fisicoquímicas, considerando sus relaciones directas o inversas y la influencia de las actividades humanas presentes en el área de estudio. Este enfoque permite identificar información relevante sobre las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del río Algodonal, así como las posibles alteraciones que puedan incidir en este recurso y en su dinámica natural.

A continuación, se presenta el análisis del comportamiento de cada parámetro, la mayoría de los cuales fue empleada para calcular el Índice de Calidad del Agua.

Es importante recordar que no se realiza el comparativo con el ID 10, toda vez que no fue posible el acceso para el monitoreo del mismo.

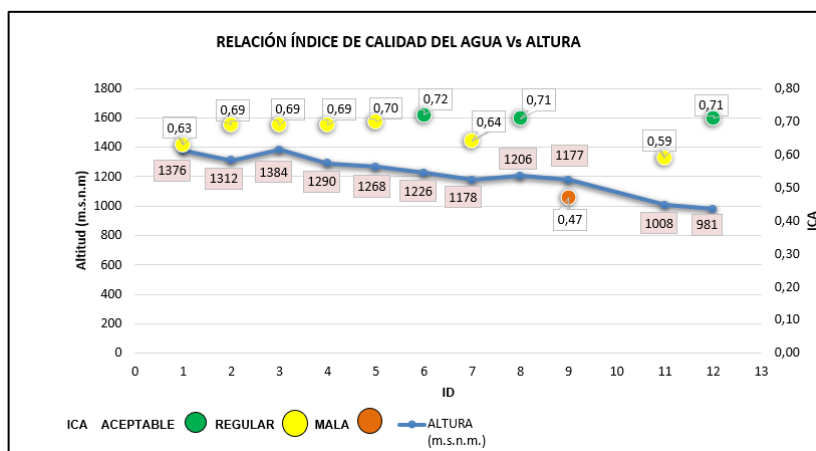
2.6.1 Cruce de Variables (Altura Vs Índice de Calidad del Agua – ICA) 2025

Tabla 11. ID Río Algodonal, datos de la altura y el índice de Calidad del Agua – ICA

ID	NOMBRE	ALTURA (m.s.n.m.)	ICA
1	Estación metereológica las Vegas-captación distrito de riego	1376	0,63
2	Piedras Rojas	1312	0,69
3	La Hamaca	1384	0,69
4	Km 23	1290	0,69
5	Guayabal Telecom	1268	0,70
6	San Luis	1226	0,72
7	La Cabaña	1178	0,64
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	1206	0,71
9	UFPS	1177	0,47
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	1008	0,59
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	981	0,71

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 19. Altura Vs Índice de Calidad del Agua – ICA del Río Algodonal



Los valores del ICA en los doce puntos de muestreo del río Algodonal varían entre 0,47 y 0,72, lo que indica que la calidad del agua se clasifica entre las categorías mala, regular y aceptable según la escala utilizada. Estos resultados reflejan la influencia de distintas actividades antrópicas a lo largo de la cuenca y evidencian diferencias en los procesos de autodepuración del río según la altitud y el grado de intervención humana.

Los valores más favorables se registran en los ID6 (ICA 0,72), ID8 (ICA 0,71) y ID12 (ICA 0,71), clasificados como aceptables, lo que indica menor carga contaminante en estos tramos o una mayor capacidad de autodepuración del río. En particular, el ID6 representa el punto con la mejor calidad del agua, lo que podría estar asociado a un menor impacto directo de vertimientos o a condiciones hidrológicas que favorecen la dilución de contaminantes.

Los ID1 (0,63), ID2 (0,69), ID3 (0,69), ID4 (0,69), ID5 (0,70), ID7 (0,64), ID11 (0,59) se ubican en la categoría “REGULAR” ya que el resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos indican una calidad del agua comprometida, afectada por aportes de origen doméstico, agrícola y ganadero, así como por procesos de erosión y arrastre de sólidos. El comportamiento relativamente homogéneo entre los ID2, ID3 y ID4 (todos con 0,69) sugiere un tramo con impactos moderados, donde la presión antrópica es constante a lo largo del recorrido.

El ID9 (ICA 0,47) representa el valor más bajo de toda la serie y se clasifica como agua de mala calidad. Este comportamiento se atribuye al aumento de la carga contaminante en la parte baja del río, donde confluyen vertimientos domésticos, escorrentías agrícolas y descargas asociadas a actividades pecuarias. La ubicación de este punto sugiere que funciona como un receptor de contaminantes transportados desde aguas arriba y zonas adyacentes a la ribera.

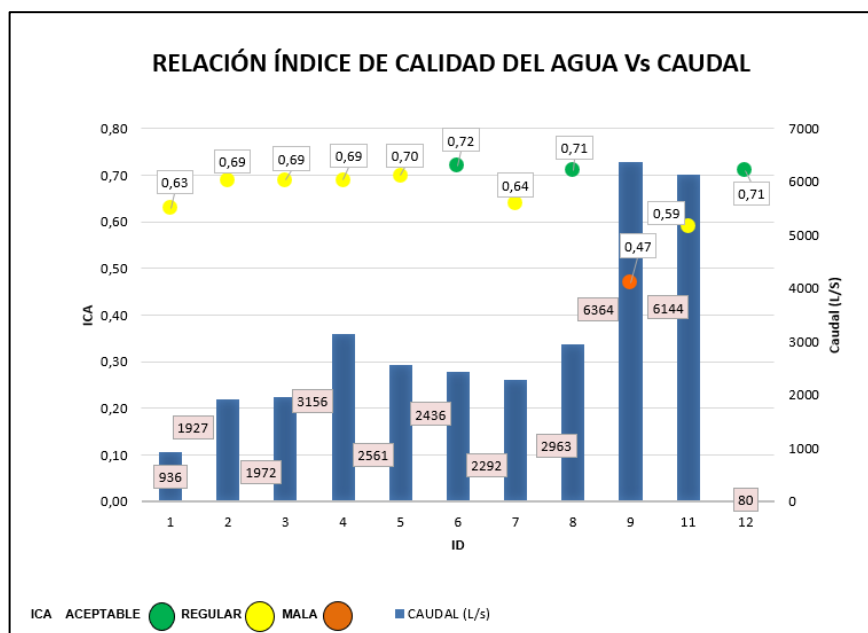
2.6.2 Cruce de Variables (Caudal Vs Índice de Calidad del Agua – ICA) 2025

Tabla 12. ID Río Algodonal, datos del Caudal y el índice de Calidad del Agua – ICA

ID	NOMBRE	CAUDAL (L/s)	ICA
1	Estación meteorológica las Vegas-captación distrito de riego	936	0,63
2	Piedras Rojas	1927	0,69
3	La Hamaca	1972	0,69
4	Km 23	3156	0,69
5	Guayabal Telecom	2561	0,70
6	San Luis	2436	0,72
7	La Cabaña	2292	0,64
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	2963	0,71
9	UFPS	6364	0,47
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	6144	0,59
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	6939	0,71

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 20. Relación Índice de Calidad del agua Vs Caudal



La determinación del caudal en los cuerpos de agua es esencial para entender el comportamiento del flujo y apoyar la adecuada gestión del recurso hídrico. Este valor puede modificarse por distintos factores, entre ellos las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la presencia de actividades antrópicas en el entorno y las variaciones climáticas. Por ello, el caudal debe integrarse como un componente clave dentro de la evaluación de la calidad del agua.

A partir de la información presentada en la tabla, se observa que en el río Algodonal la relación entre el caudal y el Índice de Calidad del Agua (ICA) no sigue un patrón directo ni proporcional.

En los puntos donde el caudal es bajo o moderado (ID 1, ID2 e ID3), el ICA se mantiene en categoría regular, con valores entre 0,63 y 0,69. Esto indica que, aunque estos tramos se encuentran en la parte alta, la calidad del agua ya presenta afectaciones que no están necesariamente vinculadas al volumen de flujo, sino probablemente a presiones antrópicas presentes desde las cabeceras.

En los puntos ID4 e ID5, el ICA continúa en categoría regular (0,69 y 0,70), a pesar que el caudal presenta un aumento respecto a los tramos anteriores.

En el punto ID6 el ICA mejora pasando a una calidad aceptable a pesar que el caudal presenta una leve disminución. Esta recuperación sugiere una zona con mejores condiciones naturales de autodepuración o una disminución temporal en las presiones contaminantes.

El punto ID9 presenta el ICA más bajo de toda la serie (0,47, calidad mala) a pesar de presentar un caudal mucho mayor al de los puntos anteriores, reforzando la idea que otros factores distintos al caudal influyen de forma más determinante en la calidad (vertimientos domésticos, agrícolas o industriales).

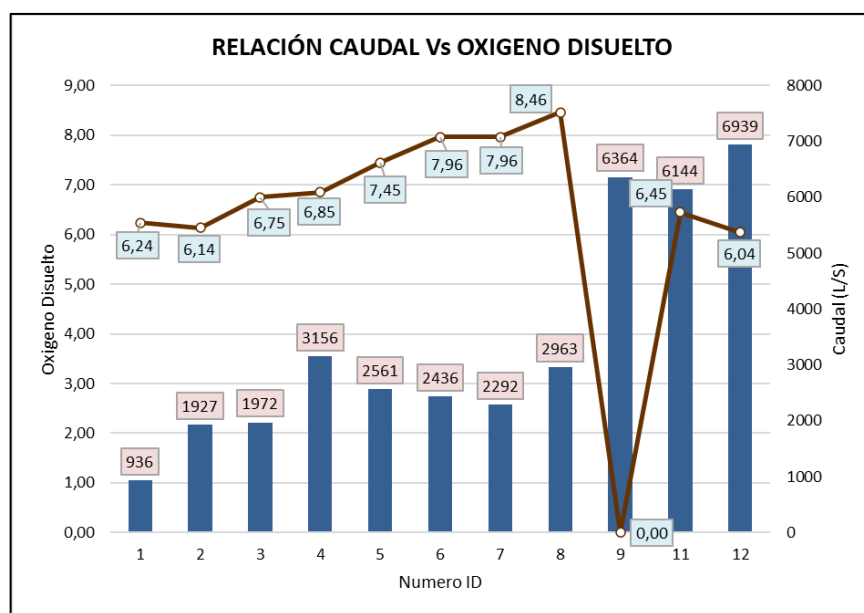
2.6.3. Cruce de Variables (Caudal Vs Oxígeno Disuelto- OD) 2025

Tabla 13. Datos Caudal y Oxígeno Disuelto- OD del Río Algodonal.

ID	NOMBRE	CAUDAL (L/s)	OD (mg OD/L)
1	Estación metereológica las Vegas-captación distrito de riego	936	6,24
2	Piedras Rojas	1927	6,14
3	La Hamaca	1972	6,75
4	Km 23	3156	6,85
5	Guayabal Telecom	2561	7,45
6	San Luis	2436	7,96
7	La Cabaña	2292	7,96
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	2963	8,46
9	UFPS	6364	0,00
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	6144	6,45
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	6939	6,04

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 21. Relación Caudal Vs Oxígeno Disuelto- OD del Río Algodonal



El Oxígeno Disuelto (OD) constituye un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que valores más altos de este indicador suelen asociarse con mejores condiciones del recurso hídrico. Asimismo, un mayor caudal contribuye a mantener su disponibilidad. No obstante, esta relación no siempre es constante, pues la concentración de oxígeno puede verse afectada por diversos factores, entre ellos la temperatura, la presencia de materia orgánica en descomposición, la turbidez y las partículas sólidas suspendidas en el agua.

Tomando en cuenta los resultados del Caudal y el Oxígeno Disuelto (OD) en los diferentes puntos de monitoreo del río Algodonal se observa que no existe una relación directa o proporcional entre estas dos variables. Aunque el caudal presenta variaciones a lo largo del recorrido, con incrementos en los tramos medios y bajos del río, los valores de OD no siguen un comportamiento semejante ni muestran una tendencia asociada al aumento del flujo.

En los puntos de caudal reducido, como los ID1, ID2 y ID3, los niveles de OD se mantienen entre 6,14 y 6,75 mg/L, valores moderados y dentro de los rangos esperados para aguas superficiales de montaña. Sin embargo, en los tramos donde el caudal aumenta de manera significativa (ID11 e ID12), las concentraciones de OD continúan siendo 6,45 y 6,04 mg/L.

Esta información se confirma al observar que el valor más alto de Oxígeno Disuelto (8,46 mg/L) se registra en el ID9, un punto cuyo caudal no corresponde al máximo registrado.

Este comportamiento evidencia que el caudal, por sí solo, no determina la oxigenación del río, ya que la concentración de OD se ve influenciada por otros factores como la turbulencia del agua, la temperatura ambiental, la presencia de vegetación ribereña, la carga de materia orgánica y los aportes antrópicos cercanos a cada punto.

En conjunto, los resultados señalan que la variabilidad del Oxígeno Disuelto en el río Algodonal depende principalmente de los procesos locales y de la dinámica ecológica propia de cada tramo, y no de manera directa del volumen de agua que circula por el cauce.

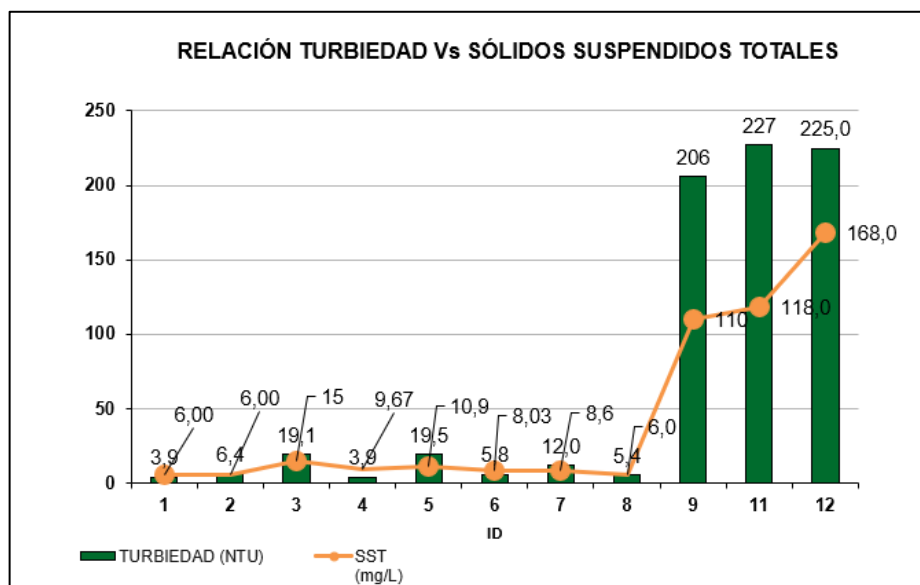
2.6.4. Cruce de Variables (Turbiedad Vs Sólidos Suspendidos Totales-SST) 2025

Tabla 14. Datos de Turbiedad y Sólidos Suspendidos Totales-SST).

ID	NOMBRE	TURBIEDAD (NTU)	SST (mg/L)
1	Estación metereológica las Vegas-captación distrito de riego	3,9	<6,00
2	Piedras Rojas	6,4	<6,00
3	La Hamaca	19,1	15
4	Km 23	3,9	9,67
5	Guayabal Telecom	19,5	10,9
6	San Luis	5,8	8,03
7	La Cabaña	12,0	8,6
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	5,4	<6,00
9	UFPS	206	110
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	227	118,0
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	225,0	168,0

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 22. Relación Turbiedad y Sólidos Suspendidos Totales-SST



Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y la turbiedad están estrechamente vinculados en el análisis de la calidad del agua; por ello, cuando sus niveles aumentan, la calidad del recurso hídrico disminuye, provocando efectos adversos en los ecosistemas acuáticos.

Los resultados muestran que, en general, sí existe una relación directa entre la Turbiedad y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), ya que ambos parámetros reflejan la presencia de partículas en el agua, como sedimentos, materiales orgánicos y otros sólidos en suspensión. No obstante, esta relación no es totalmente lineal en todos los puntos de muestreo, debido a variaciones en la composición de los sólidos y en las condiciones del cauce.

En los puntos ID 1, ID2 e ID4, la turbiedad es baja (entre 3,9 y 6,4 NTU) y los SST se mantienen por debajo de 6 mg/L o presentan valores igualmente bajos (9,67 mg/L). Esto indica baja presencia de material particulado, coherente con cuerpos de agua con estabilidad en el cauce.

En el ID 3, la turbiedad aumenta hasta 19,1 NTU y los SST alcanzan 15 mg/L, lo cual evidencia una relación más clara entre ambos parámetros: a mayor turbiedad, mayor concentración de sólidos suspendidos. Situación similar ocurre en los puntos ID 7 e ID8, donde turbiedades moderadas (5,4 a 12 NTU) corresponden a SST relativamente bajos (entre <6,00 y 8,6 mg/L), manteniendo una correspondencia aceptable entre los dos indicadores.

Los puntos ID 9, ID11 e ID12 muestran las mayores turbiedades de toda la tabla (206, 227 y 225 NTU) junto con los valores más altos de SST (110, 118 y 168 mg/L). Esta coincidencia marca una relación directa muy fuerte, indicando que estos sectores del río presentan una elevada carga de sedimentos, posiblemente asociada a erosión de las márgenes, aportes de aguas residuales, arrastre superficial o eventos de escorrentía.

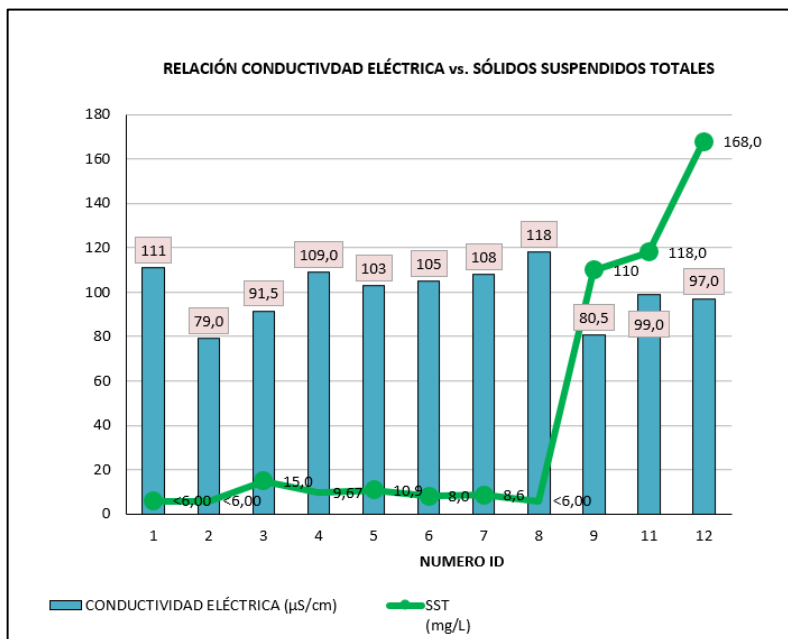
2.6.5. Cruce de Variables (Conductividad Eléctrica Vs Sólidos Suspendidos Totales-SST) 2025

Tabla 15. Datos de Conductividad Eléctrica y Sólidos Suspendidos Totales-SST.

ID	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS/cm)	SST (mg/L)
1	Estación metereológica las Vegas-captación distrito de riego	111	<6,00
2	Piedras Rojas	79,0	<6,00
3	La Hamaca	91,5	15,0
4	Km 23	109,0	9,67
5	Guayabal Telecom	103	10,9
6	San Luis	105	8,0
7	La Cabaña	108	8,6
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	118	<6,00
9	UFPS	80,5	110
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	99,0	118,0
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	97,0	168,0

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 23. Relación Conductividad y Sólidos Suspendidos Totales-SST



La Conductividad Eléctrica, indicador de la concentración total de iones disueltos (sales, minerales y compuestos ionizados), presenta valores moderados y relativamente constantes a lo largo de los puntos de muestreo del río Algodonal, con registros que oscilan entre 79,0 y 118 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aunque no se observa un incremento progresivo como en otros sistemas hídricos, sí se evidencia una ligera variación natural entre tramos, siendo el valor más bajo el del ID2 (79,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el más alto el del ID8 (118 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Estas diferencias sugieren variaciones en la mineralización del agua o pequeños aportes de solutos provenientes de la escorrentía o procesos locales de disolución de minerales, pero sin cambios abruptos que indiquen un aumento significativo en la carga de contaminantes disueltos.

En contraste, los Sólidos Suspendidos Totales (SST), que representan el material no disuelto en el agua tales como sedimentos, arcillas y partículas orgánicas, muestran un comportamiento diferente. En varios puntos (ID1, ID2 e ID8), los valores se mantienen por debajo de 6 mg/L, lo que indica baja presencia de partículas en suspensión. En otros puntos del tramo medio (ID3, ID4, ID5, ID6 y ID7), los SST aumentan ligeramente, alcanzando valores entre 8,0 y 15 mg/L. Estos incrementos puntuales podrían estar asociados a procesos locales de erosión, disturbios en el cauce o aportes esporádicos de escorrentía que transportan sedimentos.

La comparación entre ambos parámetros evidencia que no existe una correlación directa entre la Conductividad Eléctrica y los SST en este sistema hídrico. Mientras la Conductividad presenta variaciones suaves y relativamente homogéneas a lo largo del cauce, los SST muestran fluctuaciones aisladas y no siguen un patrón similar. Esto indica que los procesos que afectan cada parámetro son distintos: la conductividad está influenciada principalmente por la presencia de solutos disueltos, mientras que los SST responden a la dinámica física del cauce y a eventos específicos de arrastre de partículas.

Este hallazgo es relevante desde el punto de vista ambiental, ya que sugiere que la calidad del agua en el río Algodonal se ve más influenciada por la presencia de sustancias disueltas que por la carga de sedimentos.

En otras palabras, la principal presión sobre el recurso no proviene de procesos erosivos o de turbidez, sino de compuestos que se integran completamente en la columna de agua y elevan la conductividad.

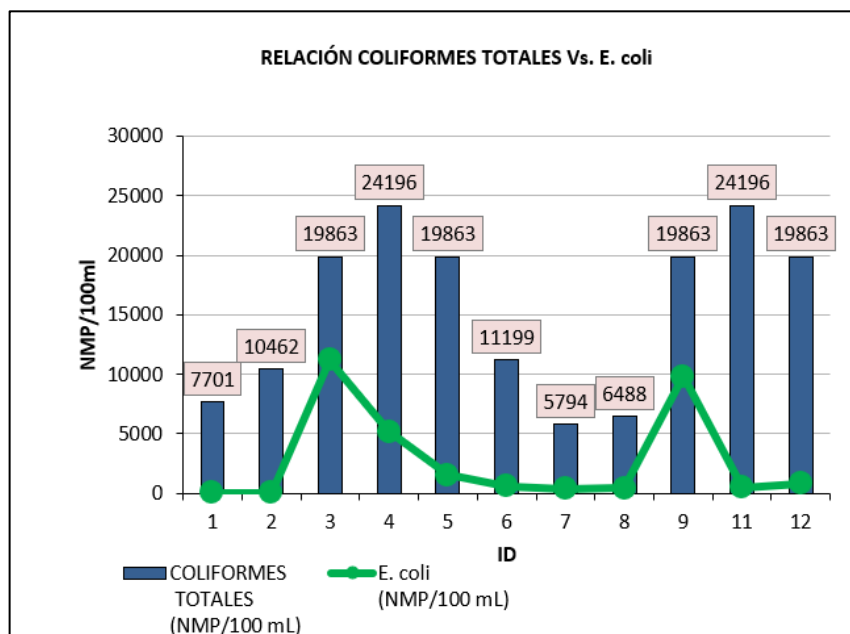
2.6.6. Cruce de Variables (Coliformes Totales Vs E. coli) 2025

Tabla 16. ID Río Algodonal, datos de Coliformes Totales y E. coli

ID	NOMBRE	COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
1	Estación metereológica las Vegas-captación distrito de riego	7701	63
2	Piedras Rojas	10462	52
3	La Hamaca	19863	11199
4	Km 23	24196	5172
5	Guayabal Telecom	19863	1553
6	San Luis	11199	631
7	La Cabaña	5794	402
8	Sector el Rosal aguas arriba Batallón Santander	6488	420
9	UFPS	19863	9804
11	200 m antes de la confluencia Río Tejo	24196	512
12	200 m después de la confluencia Río Tejo	19863	845

Fuente: IR-25-05 (39 al 50) del 14 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 24. Relación de Coliformes Totales y Escherichia coli (E. coli)



Los Coliformes Totales constituyen un grupo de bacterias gramnegativas presentes en el entorno natural. Se emplean comúnmente como indicadores de contaminación hídrica, ya que su detección sugiere la posible presencia de descargas domésticas o industriales. Dentro de este grupo destaca *E. coli*, una enterobacteria típica del intestino de humanos y animales, cuya presencia brinda una señal más precisa de contaminación de origen fecal.

En este análisis, los Coliformes Totales muestran valores elevados en todos los puntos analizados, con cifras que oscilan entre 5.794 y 24.196 NMP/100 mL. Aunque los niveles presentan variaciones entre los sitios, la tendencia general refleja una carga microbiológica significativa en el río, asociada a aportes de aguas residuales, escorrentía contaminada y actividades humanas y pecuarias en el entorno. Los registros más altos se observan en los ID 4, ID 9 e ID11 (24.196 NMP/100 mL), lo que sugiere zonas con mayor presión antrópica o eventos puntuales de contaminación fecal.

En cuanto a *E. coli*, sus valores también son elevados, fluctuando entre 402 y 11.199 NMP/100 mL. Este comportamiento confirma la presencia de contaminación fecal reciente, dado que *E. coli* es un indicador específico de este tipo de aporte. A diferencia de los Coliformes Totales, los valores de *E. coli* muestran mayor variabilidad entre puntos, destacándose los ID 3 (11.199 NMP/100 mL) e ID9 (9.804 NMP/100 mL) como los más críticos.

Al comparar ambos parámetros, se observa que sí existe una relación clara entre los niveles de Coliformes Totales y *E. coli*. En general, cuando los Coliformes Totales aumentan, *E. coli* tiende a incrementar también, aunque no siempre en la misma proporción. Este comportamiento es coherente, ya que *E. coli* forma parte del grupo de coliformes y ambos se ven afectados por fuentes similares de contaminación fecal. Sin embargo, la magnitud de *E. coli* varía más entre tramos, lo que indica que su presencia responde de manera más sensible a aportes puntuales o recientes de materia fecal, mientras que los Coliformes Totales pueden incluir bacterias provenientes de otras fuentes orgánicas no fecales.