



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División de Ciencias e Ingeniería**

**Evaluación de coliformes totales y fecales como  
indicadores de contaminación fecal en la zona  
conurbada de la bahía de Chetumal.**

**TESIS**

**Para obtener el grado de  
LICENCIADA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Presenta**

**Paulina Aguilar Martínez**

**Director de Tesis**

**Dr. Víctor Hugo Delgado Blas**

**Chetumal, Quintana Roo, México, julio de 2011.**

# UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

---

División de Ciencias e Ingeniería



Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de Tesis del programa de Licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

COMITÉ DE TESIS

Director: \_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Hugo Delgado Blas

Asesor : \_\_\_\_\_  
Q.F.B. José Luis González Bucio

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.C. José Martín Rivero Rodríguez

Chetumal, Quintana Roo, México, julio de 2011

## *Dedicatorias y Agradecimientos*

*A mi Padre, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento. Esta tesis es el resultado de lo que me has enseñado en la vida, ya que siempre has sido una persona honesta, entregada a tu trabajo, y un gran líder, pero más que todo eso, una gran persona que siempre ha podido salir adelante y ser triunfador. Es por ello que hoy te dedico este trabajo de tesis. Gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.*

*A mi Madre, que con mucha sabiduría me has enseñado a ser quien soy hoy. Gracias por tu paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por tus consejos, por el amor que me has dado y por tu apoyo incondicional en mi vida.*

*A mi hijo, por ser lo más inocente, amoroso y bello que yo tengo, por él quiero ser cada día mejor. Gracias por existir en mi vida.*

*A mi hermana Laura, por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, gracias por estar siempre conmigo en todo momento.*

*A mis hermanos Úrsula y Juan, gracias por estar en otro momento tan importante en mi vida.*

*A Gerardo, gracias por permitirme formar parte de tu vida, gracias por tu amor, gracias por ser como eres, por ser la persona con los mejores sentimientos que he conocido, por presionarme para terminar este trabajo, por ayudarme con las correcciones, por aguantarme, pero sobre todo gracias por enseñarme a creer en mí y motivarme hacer las cosas de la mejor manera. Gracias por todo, te adoro.*

*A mis mejores amigas, Pily y Clau, gracias por pasar a mi lado momentos muy importantes de mi vida, por estar siempre en las buenas y en las malas, sobre todo en las malas, jamás lo olvidaré.*

*A Víctor Hugo, mi director de tesis, que en los momentos difíciles estuvo ahí para ayudarme. Que con su perseverancia logró que yo termine este trabajo. Gracias, por tus consejos.*

*A mis sinodales, gracias por darme la oportunidad y por el tiempo que me han dedicado para leer este trabajo.*

*Gracias a todos aquellos que no están aquí, pero que me ayudaron a que este gran esfuerzo se volviera realidad.*

# Evaluación de coliformes totales y fecales como indicadores de contaminación fecal en la zona conurbada de la bahía de Chetumal

Paulina Aguilar Martínez  
Universidad de Quintana Roo  
División de Ciencias e Ingeniería

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS</b>	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	ii
<b>LISTA DE TABLAS</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	iv
<b>ABREVIATURAS</b>	v
<b>DEFINICIONES</b>	vi
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1 Area de estudio	2
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivo general	7
1.4 Objetivos específicos	7
<b>II MATERIAL Y METODOS</b>	<b>7</b>
2.1 Determinación <i>in situ</i>	8
2.2 Determinación <i>in vitro</i>	8
2.3 Análisis de las muestras de agua	8
2.4 Análisis de los datos	9
<b>III RESULTADOS</b>	<b>9</b>
3.1 Comportamiento general de los coliformes totales y fecales.	9
3.2 Condiciones generales de los parámetros fisicoquímicos del agua para todos los meses muestreados.	10
<b>3.3 Condiciones ambientales del agua en octubre.</b>	<b>13</b>
3.3.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	13
3.3.2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	16
a) Temperatura	16
b) Conductividad	16
c) Sólidos disueltos totales	17
d) Salinidad	18
e) Oxígeno disuelto	18
f) pH	19
g) DBO <sub>5</sub>	20
3.3.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	20

<b>3.4.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en febrero.</b>	<b>24</b>
3.4.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	24
3.4.2	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	27
	a) Temperatura	27
	b) Conductividad	27
	c) Sólidos disueltos totales	28
	d) Salinidad	29
	e) Oxígeno disuelto	29
	f) pH	30
	g) DBO <sub>5</sub>	31
3.4.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	31
<b>3.5.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en marzo.</b>	<b>35</b>
3.5.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	35
3.5.2	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos	38
	a) Temperatura	38
	b) Conductividad	38
	c) Sólidos disueltos totales	39
	d) Salinidad	40
	e) Oxígeno disuelto	40
	f) pH	41
	g) DBO <sub>5</sub>	41
3.5.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	42
<b>3.6.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en abril.</b>	<b>46</b>
3.6.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	46
3.6.2.	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	49
	a) Temperatura	49
	b) Conductividad	49
	c) Sólidos disueltos totales	50
	d) Salinidad	51
	e) Oxígeno disuelto	51
	f) pH	52
	g) DBO <sub>5</sub>	52
3.6.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	53
<b>3.7.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua del mes de mayo.</b>	<b>57</b>
3.7.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	57
3.7.2	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	60
	a) Temperatura	60
	b) Conductividad	60
	c) Sólidos disueltos totales	61
	d) Salinidad	62
	e) Oxígeno disuelto	62
	f) pH	63
	g) DBO <sub>5</sub>	63
3.7.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros	64

	fisicoquímicos.	
<b>3.8.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en julio.</b>	<b>68</b>
3.8.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	68
3.8.2.	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	71
	a) Temperatura	71
	b) Conductividad	71
	c) Sólidos disueltos totales	72
	d) Salinidad	73
	e) Oxígeno disuelto	73
	f) pH	74
	g) DBO <sub>5</sub>	74
3.8.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	75
<b>3.9.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en agosto.</b>	<b>79</b>
3.9.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	79
3.9.2.	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	82
	a) Temperatura	82
	b) Conductividad	82
	c) Sólidos disueltos totales	83
	d) Salinidad	84
	e) Oxígeno disuelto	84
	f) pH	85
	g) DBO <sub>5</sub>	85
3.9.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	86
<b>3.10.</b>	<b>Condiciones ambientales del agua en septiembre.</b>	<b>90</b>
3.10.1.	Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.	90
3.10.2.	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	93
	a) Temperatura	93
	b) Conductividad	93
	c) Sólidos disueltos totales	94
	d) Salinidad	94
	e) Oxígeno disuelto	95
	f) pH	96
	g) DBO <sub>5</sub>	96
3.10.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	97
<b>IV</b>	<b>DISCUSIONES</b>	<b>101</b>
4.1.	Comportamiento de los coliformes totales y fecales.	102
4.2.	Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.	103
4.3.	Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.	105
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
<b>VI</b>	<b>RECOMEDACIONES</b>	<b>106</b>
	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Area de estudio, observándose los transectos con sus respectivas estaciones de muestreo en la bahía de Chetumal, Quintana Roo.	4
<b>Figura 2.</b> Valores promedio, mínimo y máximo de los coliformes totales y fecales durante los meses muestreados.	10
<b>Figura 3.</b> Valores promedio, mínimo y máximo de los parámetros ambientales durante los meses muestreados.	12
<b>Figura 4.</b> Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en octubre.	13
<b>Figura 5.</b> Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en octubre.	14
<b>Figura 6.</b> Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en octubre.	15
<b>Figura 7.</b> Valores de temperatura por estación en octubre.	16
<b>Figura 8.</b> Valores de conductividad por estación en octubre.	17
<b>Figura 9.</b> Valores de sólidos disueltos totales por estación en octubre.	17
<b>Figura 10.</b> Valores de salinidad por estación en octubre.	18
<b>Figura 11.</b> Valores de oxígeno disuelto por estación en octubre.	19
<b>Figura 12.</b> Valores de pH por estación en octubre.	19
<b>Figura 13.</b> Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en octubre.	20
<b>Figura 14.</b> Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en octubre.	22
<b>Figura 15.</b> Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en octubre.	23
<b>Figura 16.</b> Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en febrero.	24
<b>Figura 17.</b> Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en febrero.	25
<b>Figura 18.</b> Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en febrero.	26
<b>Figura 19.</b> Valores de temperatura por estación en febrero.	27
<b>Figura 20.</b> Valores de conductividad por estación en febrero.	28
<b>Figura 21.</b> Valores de sólidos disueltos totales por estación en febrero.	28
<b>Figura 22.</b> Valores de salinidad por estación en febrero.	29
<b>Figura 23.</b> Valores de oxígeno disuelto por estación en febrero.	30
<b>Figura 24.</b> Valores de pH por estación en febrero.	30
<b>Figura 25.</b> Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en febrero.	31
<b>Figura 26.</b> Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en febrero.	33

<b>Figura 27.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en febrero.	34
<b>Figura 28.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en marzo.	35
<b>Figura 29.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en marzo.	36
<b>Figura 30.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en octubre.	37
<b>Figura 31.</b>	Valores de temperatura por estación en marzo.	38
<b>Figura 32.</b>	Valores de conductividad por estación en marzo.	39
<b>Figura 33.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en marzo.	39
<b>Figura 34.</b>	Valores de salinidad por estación en marzo.	40
<b>Figura 35.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en marzo.	41
<b>Figura 36.</b>	Valores de pH por estación en marzo.	41
<b>Figura 37.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en marzo.	42
<b>Figura 38.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en marzo.	44
<b>Figura 39.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en marzo.	45
<b>Figura 40.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en abril.	46
<b>Figura 41.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en abril.	47
<b>Figura 42.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la Bahía de Chetumal en abril.	48
<b>Figura 43.</b>	Valores de temperatura por estación en abril.	49
<b>Figura 44.</b>	Valores de conductividad por estación en abril.	50
<b>Figura 45.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en abril.	50
<b>Figura 46.</b>	Valores de salinidad por estación en abril.	51
<b>Figura 47.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en abril.	52
<b>Figura 48.</b>	Valores de pH por estación en abril.	52
<b>Figura 49.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en abril.	53
<b>Figura 50.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en abril.	55
<b>Figura 51.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en abril.	56
<b>Figura 52.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en mayo.	57
<b>Figura 53.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en mayo.	58

<b>Figura 54.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en mayo.	59
<b>Figura 55.</b>	Valores de temperatura por estación en mayo.	60
<b>Figura 56.</b>	Valores de conductividad por estación en mayo.	61
<b>Figura 57.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en mayo.	61
<b>Figura 58.</b>	Valores de salinidad por estación en mayo.	62
<b>Figura 59.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en mayo.	63
<b>Figura 60.</b>	Valores de pH por estación en mayo.	63
<b>Figura 61.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en mayo.	64
<b>Figura 62.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en mayo.	66
<b>Figura 63.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en mayo.	67
<b>Figura 64.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en julio.	68
<b>Figura 65.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en julio.	69
<b>Figura 66.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en julio.	70
<b>Figura 67.</b>	Valores de temperatura por estación en julio.	71
<b>Figura 68.</b>	Valores de conductividad por estación en julio.	72
<b>Figura 69.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en julio.	72
<b>Figura 70.</b>	Valores de salinidad por estación en julio.	73
<b>Figura 71.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en julio.	74
<b>Figura 72.</b>	Valores de pH por estación en julio.	74
<b>Figura 73.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en julio.	75
<b>Figura 74.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en julio.	77
<b>Figura 75.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en julio.	78
<b>Figura 76.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en agosto.	79
<b>Figura 77.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en agosto.	80
<b>Figura 78.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en agosto.	81
<b>Figura 79.</b>	Valores de temperatura por estación en agosto.	82
<b>Figura 80.</b>	Valores de conductividad por estación en agosto	83
<b>Figura 81.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en agosto.	83
<b>Figura 82.</b>	Valores de salinidad por estación en agosto.	84

<b>Figura 83.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en agosto.	85
<b>Figura 84.</b>	Valores de pH por estación en agosto.	85
<b>Figura 85.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en agosto.	86
<b>Figura 86.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en agosto.	88
<b>Figura 87.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en agosto.	89
<b>Figura 88.</b>	Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en septiembre.	90
<b>Figura 89.</b>	Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en septiembre.	91
<b>Figura 90.</b>	Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en septiembre.	92
<b>Figura 91.</b>	Valores de temperatura por estación en septiembre.	93
<b>Figura 92.</b>	Valores de conductividad por estación en septiembre.	94
<b>Figura 93.</b>	Valores de sólidos disueltos totales por estación en septiembre.	94
<b>Figura 94.</b>	Valores de salinidad por estación en septiembre.	95
<b>Figura 95.</b>	Valores de oxígeno disuelto por estación en septiembre.	96
<b>Figura 96.</b>	Valores de pH por estación en septiembre.	96
<b>Figura 97.</b>	Valores de DBO <sub>5</sub> por estación en septiembre.	97
<b>Figura 98.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales del mes de septiembre.	99
<b>Figura 99.</b>	Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en septiembre.	100

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en octubre.	22
<b>Tabla 2.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en octubre.	23
<b>Tabla 3.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en febrero.	32
<b>Tabla 4.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en febrero.	33
<b>Tabla 5.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en marzo.	42
<b>Tabla 6.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en marzo.	43
<b>Tabla 7.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en abril.	53
<b>Tabla 8.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en abril.	54
<b>Tabla 9.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en mayo.	64
<b>Tabla 10.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en mayo.	65
<b>Tabla 11.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en julio.	75
<b>Tabla 12.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en julio.	76
<b>Tabla 13.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en agosto.	86
<b>Tabla 14.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en agosto.	87
<b>Tabla 15.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en septiembre.	97
<b>Tabla 16.</b>	Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en septiembre.	98

## ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Localización geográfica de las estaciones de muestreo.	112
<b>Anexo 2.</b> Promedios, desviación estándar, mínimos y máximos para los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los meses muestreados.	113
<b>Anexo 3.</b> Datos de los parámetros ambientales en octubre.	114
<b>Anexo 4.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en febrero..	115
<b>Anexo 5.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en marzo.	116
<b>Anexo 6.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en abril.	117
<b>Anexo 7.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en mayo.	118
<b>Anexo 8.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en julio.	119
<b>Anexo 9.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en agosto.	120
<b>Anexo 10.</b> Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en septiembre.	121
<b>Anexo 11</b> Media, máximos y mínimos para la temperatura y precipitación total de lluvia en la bahía de Chetumal en los meses muestreados.	
<b>Anexo 12</b> Distribución de los coliformes totales y fecales a 50 m y 300 .m	

## DEFINICIONES

**Agua pluvial:** Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo (NOM-001-SEMARNAT-1996).

**Aguas residuales:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (NOM-001-SEMARNAT-1996).

**Bahía:** Se define como una entrada considerable de agua de mar en la costa; es más grande y profunda que una caleta o ensenada y menor que un golfo. Son sistemas a menudo estratificados de gran intercambio con el mar y muy poca influencia de aguas dulces. Usualmente son el resultado de una falla u otros procesos tectónicos o geológicos regionales. Son fuertemente afectadas por las mareas y exhiben salinidad que va del rango de oceánicas a salobres, dependiendo de la cantidad de drenaje terrestre relativo al intercambio oceánico.

**Calidad para uso recreativo con contacto primario:** Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana con contacto primario.

**Coliformes fecales o termotolerantes:** son bastones gram negativos, las bacterias coliformes usualmente, pero no siempre, se encuentran en las heces de animales de sangre caliente. La presencia de bacterias coliformes fecales en el agua es indicativa de contaminación por materia fecal y considerada como un riesgo a la salud. La significancia de la densidad del grupo coliforme se establece como un indicador del grado de contaminación y de la calidad sanitaria del agua.

**Coliformes totales:** son clasificados como “todos los anaeróbicos facultativos, gram-negativos, no formadores de esporas, oxidasa negativa, con forma de bastón, que fermentan la lactosa a ácido y gas en 48 h a 35 °C”.

**Descarga:** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación (NOM-001-SEMARNAT-1996).

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son consideradas como una fuente importante de contaminación en áreas costeras y se ha calculado que aproximadamente 200 m<sup>3</sup> de residuos orgánicos por día son descargados a la bahía de Chetumal (Ortiz-Hernández y Sáenz- Morales, 1999) principalmente en la zona urbana de Santa Elena, Chetumal y Calderitas que se descargan directa o indirectamente a la bahía de Chetumal.

La zona urbana abarca casi 10 km de litoral y la mayoría de las aguas residuales de la sección más vieja de la ciudad están canalizadas a la bahía de Chetumal a través del drenaje pluvial sin un tratamiento previo (Ortiz-Hernández y Sáenz- Morales, 1999). En otros casos, cuentan con fosas sépticas que no cumplen con los lineamientos marcados por las normas sanitarias, provocando así la infiltración al manto freático de sus lixiviados con gran cantidad de materia orgánica. También, los restaurantes y comercios adyacentes a la bahía de Chetumal contribuyen desechando sus aguas residuales.

El incremento de descargas de aguas residuales en zonas costeras, trae como consecuencia el deterioro en la calidad del agua para actividades recreativas, así como problemas de salud pública, las aguas residuales descargadas al mar contienen elevadas cantidades de microorganismos (Orozco-Borbón y Delgadillo-Hinojosa, 1989). Algunos microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*, entre otros, pueden llegar a ser fuentes potenciales de infecciones severas en forma directa, sobre todo cuando el agua es utilizada para fines recreacionales (Tapia-Becerra y Botello 1995). Aunque estas bacterias no crecen fuera de su ambiente natural (tracto intestinal) logran sobrevivir un periodo de tiempo en diferentes cuerpos de agua según las condiciones imperantes del medio (Rheinheimer, 1987) y conservan su virulencia; por esto, las aguas contaminadas implican a menudo un riesgo grave de infección ya que frecuentemente son portadoras de bacterias intestinales patógenas y el periodo de supervivencia de la mayoría de las bacterias es mayor en lagos y ríos que en el mar, por el poder bactericida del agua marina que provoca generalmente la muerte de los microorganismos patógenos con mayor rapidez (Rheinheimer, 1987).

Una de las bacterias frecuentemente empleada como indicador de contaminación fecal es *E. coli* (Wong-Chang y Barrera-Escocia, 1996), ya que se encuentra en la materia

fecal del hombre y de muchas especies animales; su nicho natural es el intestino delgado y grueso, formando parte de la flora nativa intestinal y encontrándose en calidad de saprobio sin causar daño, por el contrario muchas cepas de *E. coli* producen sustancias que son útiles al hospedero, por tanto, la colonización del intestino es benéfica para éste. En caso contrario, si *E. coli* coloniza tejidos extraintestinales produce procesos inflamatorios piógenos similares a otras bacterias y en ocasiones de mayor intensidad (Romero, 1998); también debido a su abundancia y facilidad de cultivar a diferencia de los enteropatógenos. Estos cultivos o pruebas tienen un factor de seguridad intrínseco para detectar contaminación fecal potencialmente peligrosa (Atlas y Bartha, 2002). Sin embargo, las pruebas positivas de *E. coli* no demuestran la presencia de organismos enteropatógenos, pero si la posibilidad de que existan en el medio, debido a su estrecha relación con esos organismos.

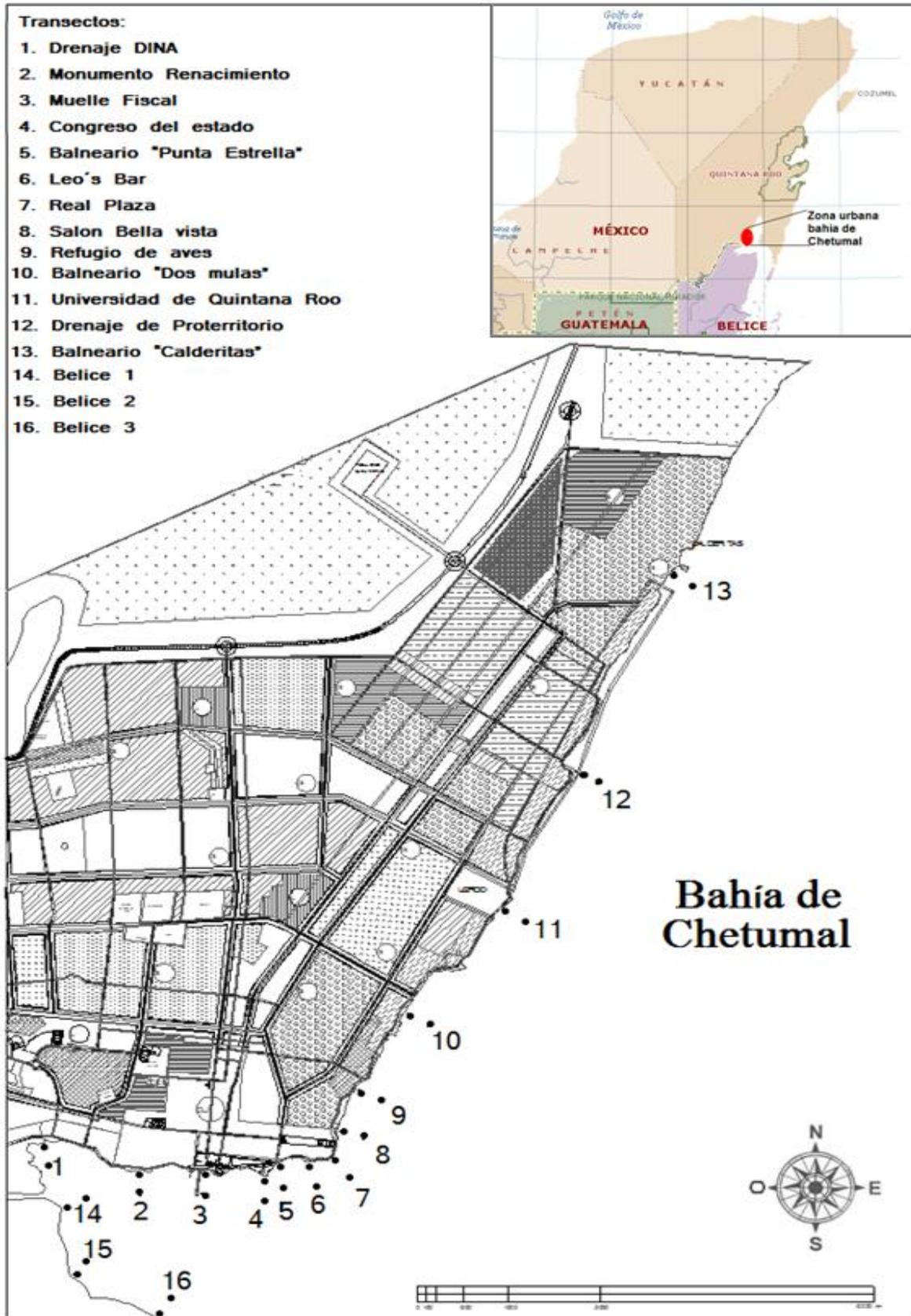
## 1.1 ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Chetumal está situada en el sureste de la Península de Yucatán enmarcada entre los 17°53'N y 18°52'W y los 87°51'N y 88°23'W, fue declarada área protegida el 24 de octubre de 1996, con una superficie de 281,320 ha, una superficie costera de 144,302 ha y marina de 136,918 ha.

El clima de la bahía de Chetumal se encuentra en el tipo AW (X) i correspondiente a cálido subhúmedo con lluvias en verano y parte del invierno (García, 1973. Citado en Periódico oficial, 1999). Tiene forma semi-elongada con 110 km de largo y 20 km de ancho, con un máximo de 49 km en su parte media y un mínimo de 5 km en la cabeza (Carrillo et al. 2009). La media anual de la temperatura ambiental es de 27°C, la temperatura máxima es de 32°C y la mínima es de 14°C, la precipitación pluvial media anual es de 1,249 mm (Herrera et al. 2002). Es un cuerpo de agua somero, en su parte central la profundidad promedio es de 4.5 m. En la bahía de Chetumal desemboca el Río Hondo y algunos arroyos menores que le dan una característica estuarina con salinidades (de 10 a 18 ups) que decrecen desde la boca hacia la cabeza de la bahía. En el verano, la precipitación pluvial es máxima acentuando las condiciones estuarinas en la bahía y, en invierno, se registra solo el 10% de la precipitación que ocurre en verano.

La descarga final del río es en la bahía de Chetumal como cuerpo receptor con un volumen de 1,739.37 hm<sup>3</sup> (cientos de metros cúbicos) según estimación de la CNA, ya que no se cuenta con aforo e hidrometría actualizada. En su desembocadura en la bahía de Chetumal, presenta un ancho de 16 m con una fuerte influencia de manglar, el cual ha sufrido deforestación por el avance de la mancha urbana de la ciudad de Chetumal (Vásquez y Mejía, 2007). Las mareas son mixtas con predominancia de período semidiurno, por lo que se presentan dos pleamares y dos bajamares al día (Merino Ibarra y Otero Dávalos, 1983). Están determinadas más por la influencia de los vientos que por la posición de la luna y el sol, ya que con vientos del norte se presentan mareas bajas debido al empuje del agua hacia el mar Caribe y contrario a esto con vientos del este y sureste se presentan las mareas altas, este fenómeno influye directamente con la turbidez del agua, ya que con las mareas bajas disminuye el movimiento del agua y permite la sedimentación de los sólidos que provocan turbidez (Flores Rodríguez y García Domínguez, 2001).

En la figura 1 siguiente se muestra el mapa del área de estudio que señala los transectos y las estaciones de muestreo seleccionadas para este trabajo.



**Fig. 1.** Área de estudio, observándose los transectos con sus respectivas estaciones de muestreo en la bahía de Chetumal, Quintana Roo.

## 1.2 ANTECEDENTES

Se han realizado pocos estudios sobre contaminación en la bahía, algunos de ellos son: Ortiz Hernández y Sáenz Morales (1999) encontraron buena correlación entre los coliformes totales y fecales, debido a que *Escherichia coli* está asociado exclusivamente al tracto intestinal de mamíferos. En éste estudio se analizaron 258 muestras de coliformes fecales, de los cuales el 33% estuvo por encima de los valores establecidos por la legislación mexicana. Además mencionaron que la fuente más importante de contaminación del agua es atribuida a las descargas de aguas residuales y a las condiciones ambientales permitiendo la dilución y dispersión del material orgánico de las descargas y del río.

Flores Rodríguez y García Domínguez (2001) mencionaron que las descargas de aguas residuales aportan altas concentraciones de bacterias coliformes fecales y nutrientes que afectan a este cuerpo de agua; las concentraciones de estas bacterias fluctúan entre valores no detectables y positivos, y en muchas ocasiones sobrepasan los valores establecidos por la normas en los Criterios de Calidad del Agua.

Bravo Medrano (2007) determinó amonio, nitratos, nitritos y coliformes fecales en los efluentes pluviales y del manto freático localizados en la línea costera de la zona conurbada de la bahía de Chetumal. Las mayores concentraciones fueron detectadas en los efluentes pluviales y en algunos puntos se rebasó lo dispuesto por la norma respecto a coliformes fecales. Estos mostraron durante el estudio un comportamiento inversamente proporcional a las precipitaciones.

Sánchez, et al. (2008) sugiere que el material clástico y las partículas (inorgánicas y orgánicas) de origen antropogénico y/o naturales tienen una dirección preferencial del transporte S-SO y S-SE, excepto cerca de la desembocadura del río Hondo donde el transporte neto de sedimento es preferencialmente en dirección E-NE. Esto indica que puede existir una mayor influencia en la dispersión de sedimentos y partículas contaminantes que son vertidos directamente al río por los drenes de los campos agrícolas y los desechos urbanos.

Herrera, et al. (2009) mencionaron que la bahía de Chetumal presentó cambios hidrológicos y de estado trófico entre los años 2000 y 2006 influenciado tanto por factores antropogénicos como naturales. Encontraron que la bahía tuvo mayor influencia marina en 2006, reflejándose con una tendencia de incremento en la salinidad del agua, así como mayores intervalos de variación de la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto.

Ortiz, et al. (2009) Mencionaron que CAPA reporta una cobertura promedio de la red de drenaje del 40% y estimaron que el 40% de los contaminantes que se infiltran a los acuíferos provienen de los lixiviados. Consideran también los aportes agroquímicos que llegan a la bahía, provenientes de los campos de cultivo de las laderas del río Hondo, así como la presencia de metales pesados en sedimentos y organismos. Existen también otras fuentes de contaminación al acuífero, como filtraciones de las fosas sépticas y disposición inadecuada de residuos sólidos.

## **JUSTIFICACION**

Esta investigación se realizó con el fin de determinar si los coliformes totales y fecales se encuentran presentes en diferentes zonas de la bahía de Chetumal, debido a que el agua que es descargada a través del drenaje pluvial no tiene un tratamiento previo y estas pueden presentar contaminación por la escorrentía pluvial, las aguas residuales de los domicilios que no se encuentran conectados al drenaje sanitario, desperdicios del procesamiento de los alimentos de los locales que se encuentran en la orilla de la bahía y los desechos de origen humano y animal.

Los efectos que se producen en el ser humano al tener contacto primario con agua contaminada a nivel microbiológico, son muy serios, ya que estos pueden ir desde infecciones leves en el estomago, hasta las producidas por otros microorganismos patógenos como salmonella, shigella y vibrio cólera. Por lo que es importante conocer el estado de sanidad de las aguas donde realizamos actividades recreativas.

## **HIPÓTESIS**

Las descargas provenientes de la zona conurbada de la bahía de Chetumal, así como la variación de los parámetros fisicoquímicos influyen en la presencia o ausencia de los coliformes totales y fecales en la bahía de Chetumal.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la presencia de coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal, Quintana Roo.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Determinar la presencia de coliformes totales y fecales espacial y temporalmente.
- 2.- Determinar los parámetros fisicoquímicos: turbidez, pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y DBO<sub>5</sub>.
- 3.- Evaluar la relación de los coliformes totales y fecales con la variación de los parámetros fisicoquímicos espacial y mensualmente.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizaron muestreos mensuales durante 8 meses, uno en octubre de 2005 y de febrero a septiembre de 2006 (excepto junio), para determinar la presencia de coliformes totales y fecales y las variables fisicoquímicas del área de estudio en el tiempo específico.

Para la recolección de las muestras se trazaron 16 transectos perpendicularmente a la línea de costa de la bahía de Chetumal (Anexo 1), 13 transectos desde la desembocadura del río Hondo hasta la isla de Tamalcab y 3 transectos del lado del país de Belice, en cada transecto se ubicaron dos estaciones de muestreo (Figura 1). Las estaciones estuvieron a una distancia de 50 y 300 m, para establecer su comportamiento espacial.

Para la determinación de los coliformes totales y fecales se colectaron las muestras de agua de forma manual en frascos estériles de 100 ml; llenados hasta el 70% de su

capacidad y a una profundidad de 0.3 m. La presencia de bacterias coliformes se analizó inmediatamente después del muestreo, mediante la técnica de tubos de fermentación o número más probable (NMP), la cual usa como medios de cultivo caldo lauril triptosa y caldo bilis verde brillante, indicados para la cuantificación de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF), respectivamente (Becerra, 1995).

Se tomaron muestras de agua en botellas Winkler para la determinación de la DBO<sub>5</sub>, ésta se calculo por el método de los 5 días según la NMX-AA-028-SCFI-2001, el cual se basa en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos, para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en aguas naturales y residuales, y se determinó por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de cinco días de incubación a 20°C.

### 2.1 Determinación *in situ*

Los análisis fisicoquímicos de la columna de agua se realizaron *in situ* por medio de una sonda multiparamétrica YSI mod. 6600 con sensores para medir temperatura, pH, salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto en superficie.

### 2.2 Determinación *in Vitro*

Con base en la norma NMX-AA-42-1987 (calidad del agua determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva), se determinó el numero mas probable de coliformes totales y fecales.

### 2.3 Análisis de las muestras de agua

A partir del número de tubos que dieron reacciones positivas en los medios de aislamiento y confirmativo, se calcularon por referencia en las tablas estadísticas del número más probable de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes en 100 cm<sup>3</sup> de la muestra. Como se emplearon tubos de dilución, para hacerlo equivalente se utilizó la siguiente ecuación para confirmar el resultado de las tablas:

$$Nmp/100\text{ cm}^3 = \frac{\text{No. de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\frac{\text{cm}^3 \text{ de muestra en tubos negativos} \times \text{cm}^3 \text{ de muestra en todos los tubos}}{}}}$$

El procedimiento de fermentación en tubos múltiples es el método más usado por su facilidad y economía. El resultado de esta prueba se expresa por el “número más probable” (NMP), pero debe entenderse que este método no es exacto ya que sólo nos da la probable densidad de bacterias coliformes totales o fecales de una muestra determinada. La confiabilidad está dada por los niveles superiores o inferiores del límite de confianza al 95% establecido en las tablas para cada NMP/100 cm<sup>3</sup>, no obstante, es una indicación importante para evaluar la calidad sanitaria del agua.

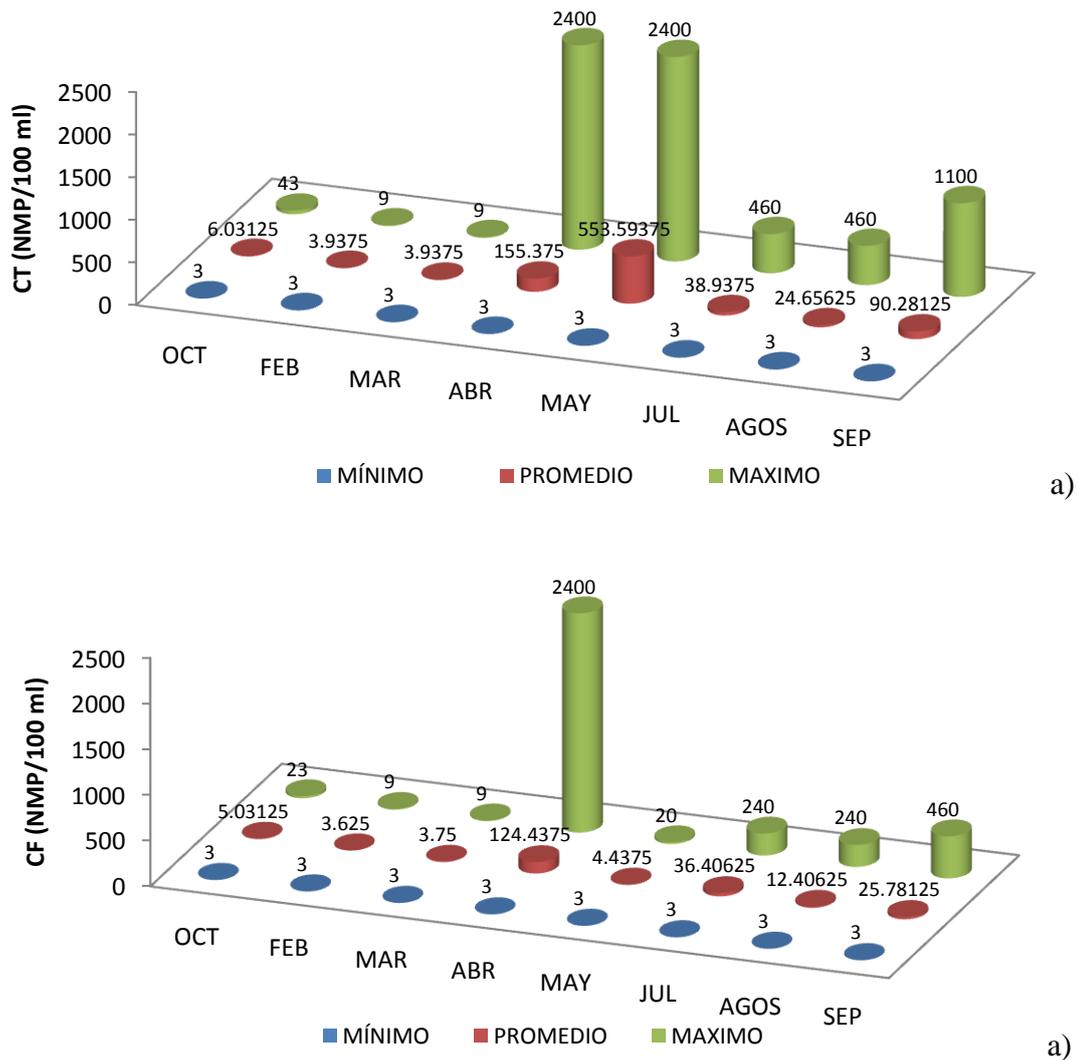
#### **2.4 Análisis de los datos**

Con los resultados obtenidos se determinaron los valores promedio y la desviación estándar, y se indicaron los valores mínimos y máximos medidos. Se utilizaron gráficos para mostrar la variación en la concentración mensual de los coliformes totales y fecales, así como de los parámetros fisicoquímicos con respecto a las distancias de 50 y 300 m. La relación entre los parámetros ambientales y las concentraciones mensuales de coliformes totales y fecales fueron interpretadas usando el coeficiente de correlación de Pearson (95% de significancia estadística).

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 Comportamiento general de los coliformes totales y fecales.**

Durante 8 meses se recolectaron 256 muestras de agua, siendo mayo donde se registraron más estaciones con presencia de coliformes totales rebasando los límites máximos permisibles para uso recreacional (200 NMP/100 ml), octubre, febrero y marzo no rebasaron los límites máximos permisibles (Figura 2a). Se detectó la presencia de coliformes fecales en los meses de abril, julio, agosto y septiembre (Figura 2b).



**Figura 2 a, b.** Valores promedio, mínimo y máximo de los coliformes totales y fecales durante los meses muestreados.

### 3.2 Condiciones generales de los parámetros fisicoquímicos del agua para todos los meses muestreados.

En el anexo 2 se presentan los promedios, la desviación estándar, los valores mínimos y máximos de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los 16 transectos muestreados en 8 meses. En seguida se describe una síntesis de las condiciones que presentaron los parámetros fisicoquímicos en el periodo de estudio.

Durante los meses muestreados las temperaturas más bajas se registraron en marzo que presentó una temperatura promedio de 26.6 °C, con una desviación estándar de 0.5, los valores más altos de temperatura se registraron durante agosto, teniendo una

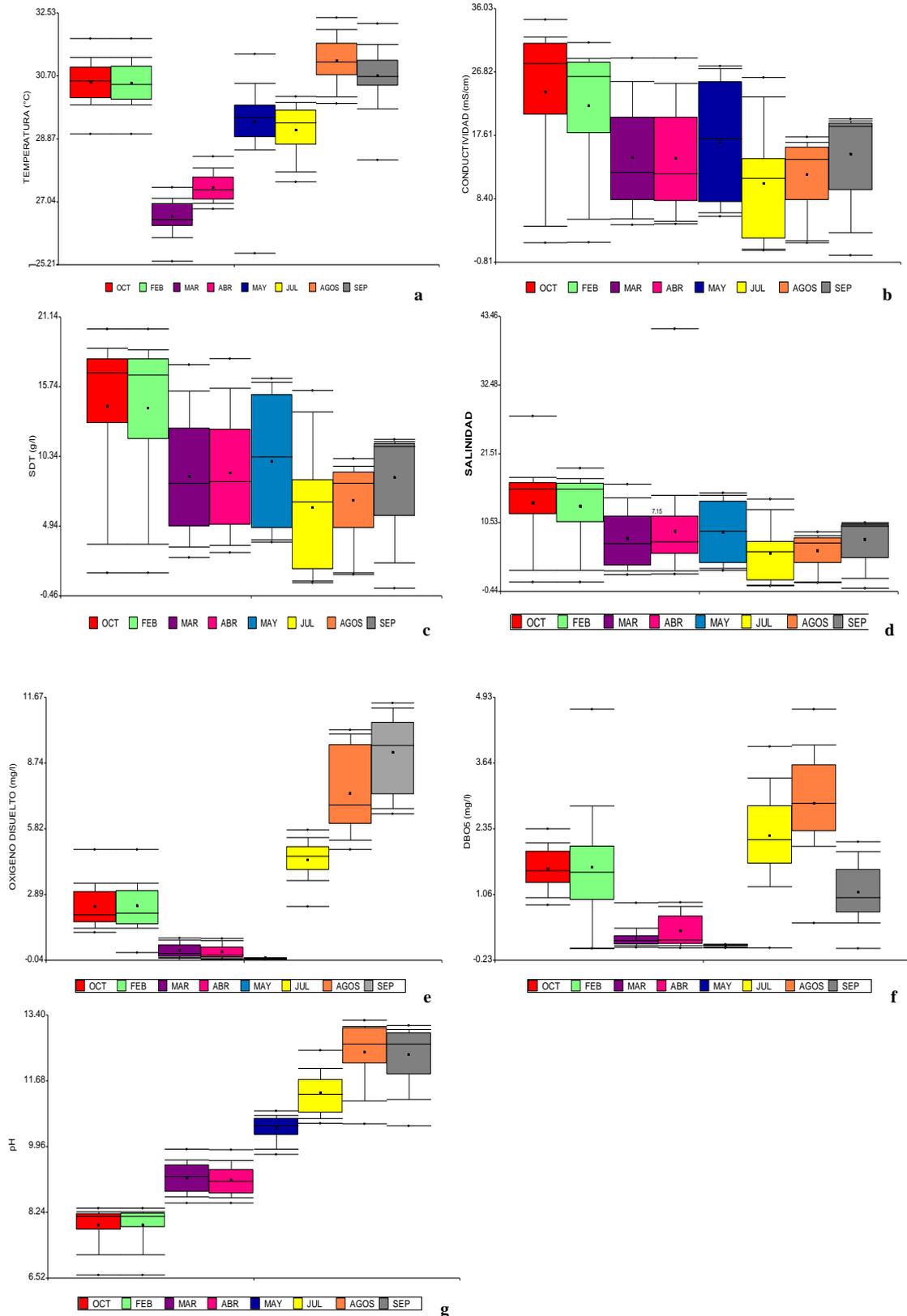
temperatura promedio de 31.14 °C, con una desviación estándar de 0.69, el valor mínimo fue de 29.91 °C y el valor máximo fue de 32.41 °C (Figura 3a).

La conductividad presentó los valores más bajos en julio con un valor promedio de 10.61 mS/cm, una desviación estándar de 7.54, los valores más altos de conductividad se presentaron en octubre con un valor promedio de 23.92 mS/cm y una desviación estándar de 10.21, el valor mínimo fue de 2 mS/cm y el valor más alto fue de 34.41 mS/cm (Figura 3b). Los sólidos disueltos totales presentaron los valores más bajos en julio con un valor promedio de 6.34 g/l y una desviación estándar de 4.48; los valores más altos de conductividad se presentaron en octubre con un valor promedio de 14.21 g/l y una desviación estándar de 5.87, el valor mínimo fue de 1.34 mS/cm y el más alto de 20.2 g/l (Figura 3c). La salinidad presentó los valores más bajos en julio con un valor promedio de 5.59 y una desviación estándar de 4.14, los valores más altos de salinidad se presentaron en octubre con un valor promedio de 13.59 y una desviación estándar de 6.17, el valor mínimo fue de 1.05 y el más alto de 27.52 (Figura 3d).

El oxígeno disuelto presentó los valores más bajos durante mayo con un valor promedio de 0.05 y una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.01 y el valor máximo de 0.08. Los valores más altos se registraron durante septiembre con un valor promedio de 9.2 mg/l y una desviación estándar de 1.67, el valor mínimo fue de 6.49 mg/l y el máximo de 11.42 mg/l (Figura 3e). La DBO<sub>5</sub> presentó los valores más bajos durante mayo con un valor promedio de 0.05 y una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.01 y el máximo de 0.08. Los valores más altos se registraron durante agosto con un valor promedio de 2.83 mg/l y una desviación estándar de 0.94, el valor mínimo fue de 0.5 mg/l y el máximo de 4.7 mg/l (Figura 3f).

Los valores más bajos de pH se presentaron en octubre y febrero con un valor promedio para ambos de 7.9 y una desviación estándar de 0.51, el valor mínimo fue de 6.61 y el máximo de 8.35. Los valores más altos de pH se presentaron durante agosto y septiembre, con valores promedio de 12.43 y 12.36 y una desviación estándar de 0.71 y 0.73 respectivamente. Los valores más bajos fueron de 10.57 y 10.5 y los más altos de 13.27 y 13.14 (Figura 3g).

## Evaluación de coliformes totales y fecales como indicadores de contaminación fecal en la zona conurbada de la bahía de Chetumal



**Figura 3.** Valores promedio, mínimo y máximo de los parámetros ambientales durante los meses muestreados.

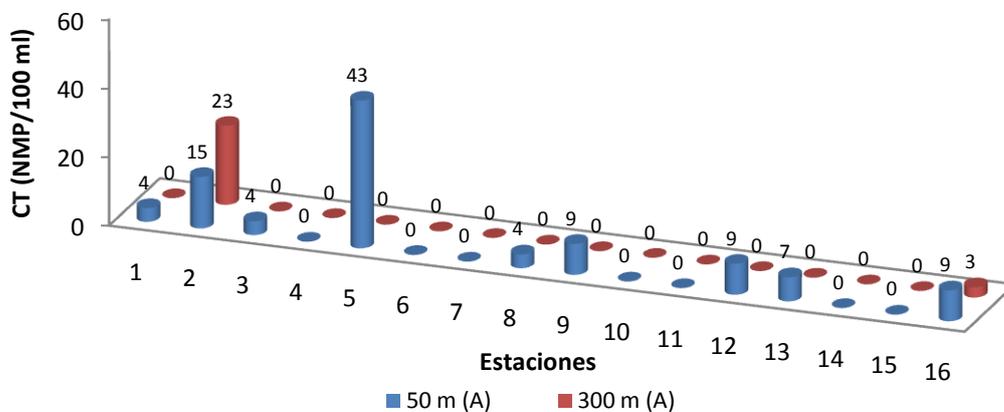
### 3.3 Condiciones ambientales del agua en octubre.

El anexo 3 muestra los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.3.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y coliformes fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 6.03 NMP/100 ml y su desviación estándar de 7.99 NMP/100 ml.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 7.81 NMP/100 ml y su desviación estándar de 10 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 4A, 6A, 7A, 10A, 11A, 14A y 15A y el máximo fue de 43 NMP/100 ml en la estación 5A. A 300 m el valor promedio fue de 4.25 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 5 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 1B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9C, 10B, 11B, 12B, 13B, 14B y 15B y el máximo fue de 23 NMP/100 ml, en la estación 2B (Figura 4).

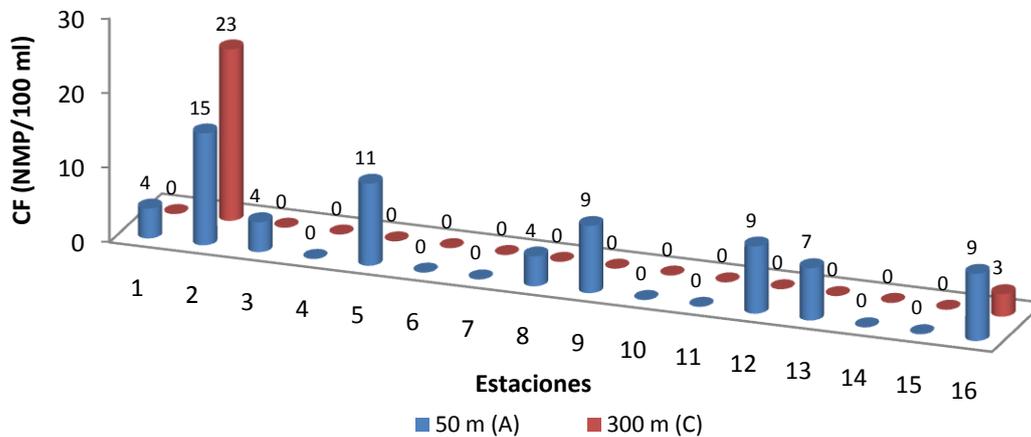


- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 4.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en octubre.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 5.81 NMP/100 ml y su desviación estándar fue de 3.73 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 4A, 6A, 7A, 10A, 11A, 14A y 15A y el valor máximo fue de 15 NMP/100 ml en la estación 2B. A 300 m de la línea de costa el valor promedio fue de 4.25 NMP/100 ml y una desviación estándar de 5 NMP/100 ml, el

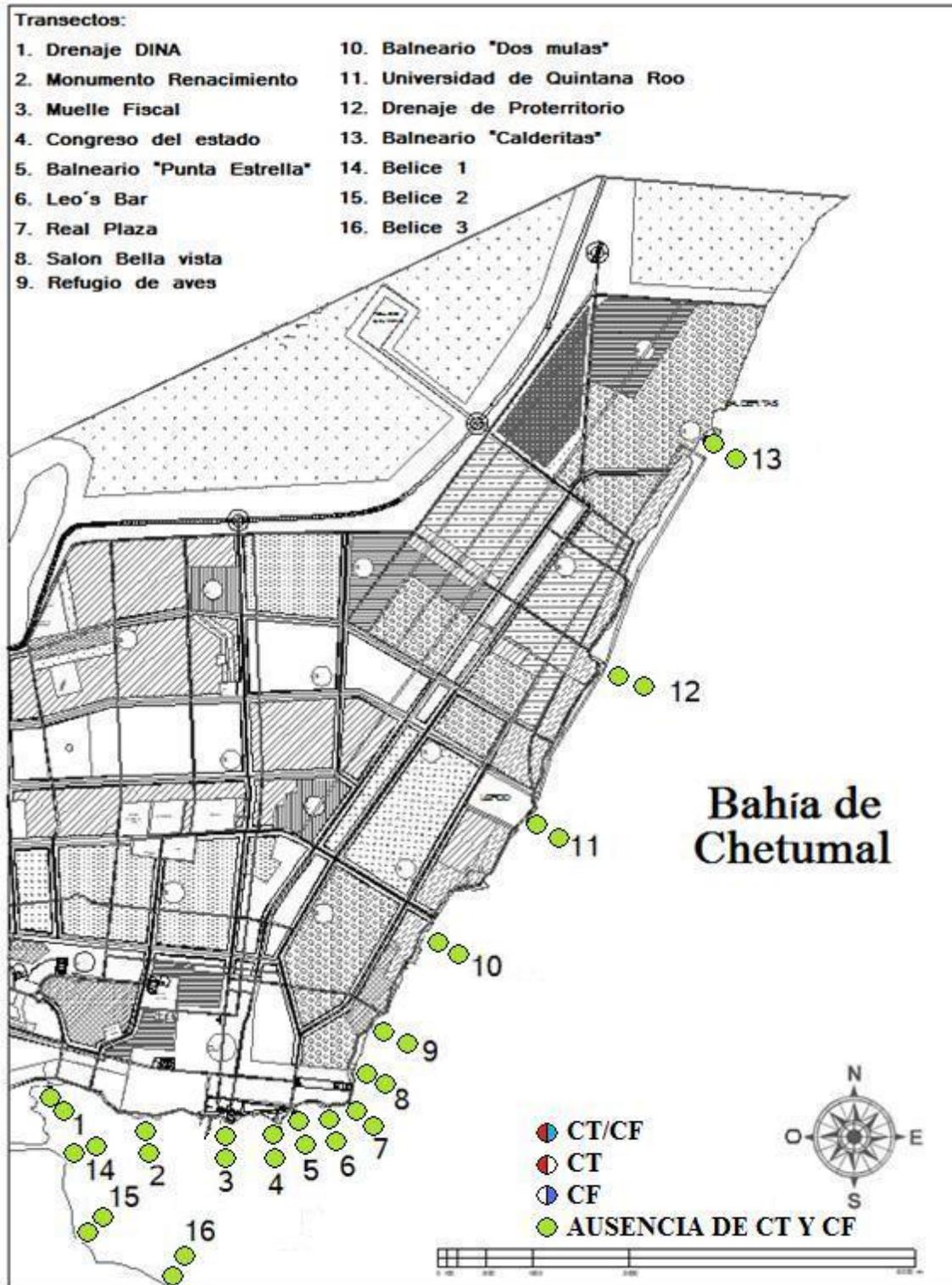
valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 1B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B, 10B, 11B, 12B, 13B, 14B y 15B y el valor máximo fue de 23 NMP/100 ml en la estación 2B (Figura 5).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 5.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en octubre.

La figura 6 se presenta para poder visualizar que durante octubre en las estaciones, no se encontró presencia de coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



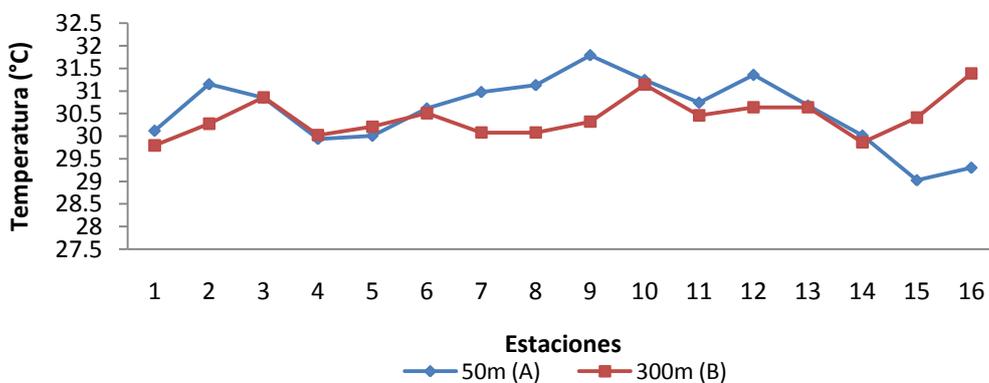
**Figura 6.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en octubre.

### 3.3.2. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante octubre el promedio de la temperatura fue de 30.49 °C y su desviación estándar de 0.62.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 30.56°C con una desviación estándar de 0.76, la temperatura mínima fue de 29.03°C en la estación 15A y la máxima de 31.79 en la estación 9A. El valor promedio a 300 m de la línea de costa fue de 30.42°C con una desviación estándar de 0.44, la temperatura mínima fue de 29.8°C en la estación 1B y la máxima de 31.39 °C en la estación 16B (Figura 7).

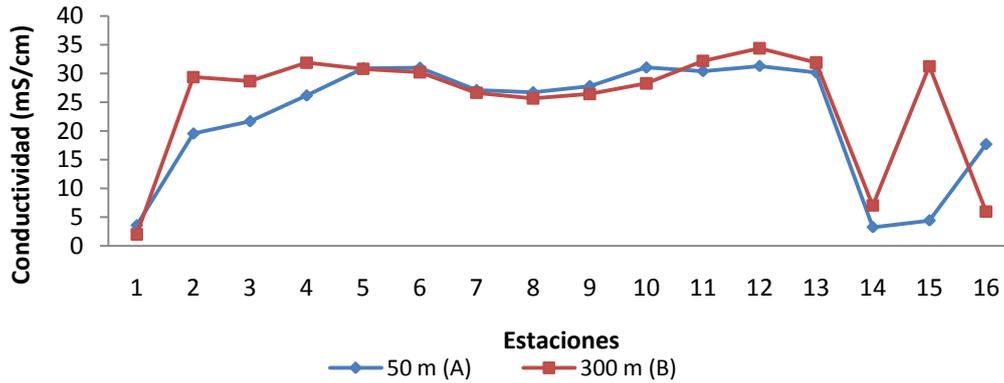


**Figura 7.** Valores de temperatura por estación en octubre.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 23.92 mS/cm con una desviación estándar de 10.21.

La conductividad a 50 m de la línea de costa presentó un valor promedio de 22.67mS/cm con una desviación estándar de 10.28, el valor mínimo de conductividad fue de 3.24 mS/cm en la estación 14A y el máximo de conductividad fue de 31.31 en la estación 12A. A 300 m de la línea de costa la conductividad presentó un valor promedio de 25.17 mS/cm y una desviación estándar de 10.32, el valor mínimo fue de 2 mS/cm y el máximo de 34.41 mS/cm (Figura 8).

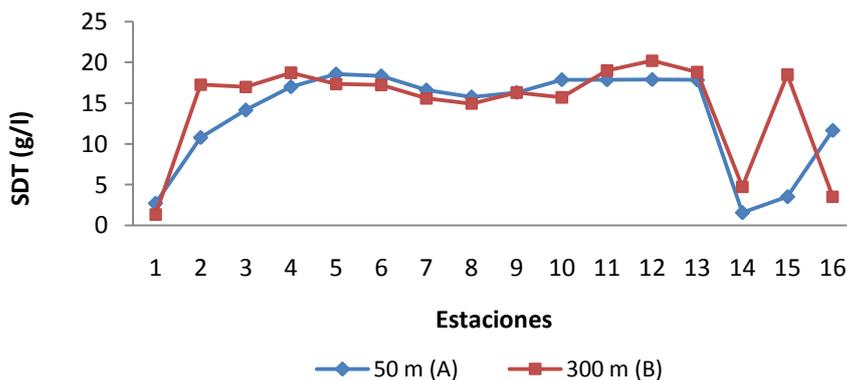


**Figura 8.** Valores de conductividad por estación en octubre.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 14.21 g/l, con una desviación estándar de 5.87.

A 50 m de la línea de costa los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 13.66 g/l y una desviación estándar de 5.94. El valor mínimo fue de 1.58 g/l en la estación 14A y el máximo de 18.58 g/l en la estación 5A. A 300 m los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 14.76 g/l y una desviación estándar de 5.94. El valor mínimo fue de 1.34 g/l en la estación 1B y alcanzaron el máximo de 20.2 en la estación 12B (Figura 9).

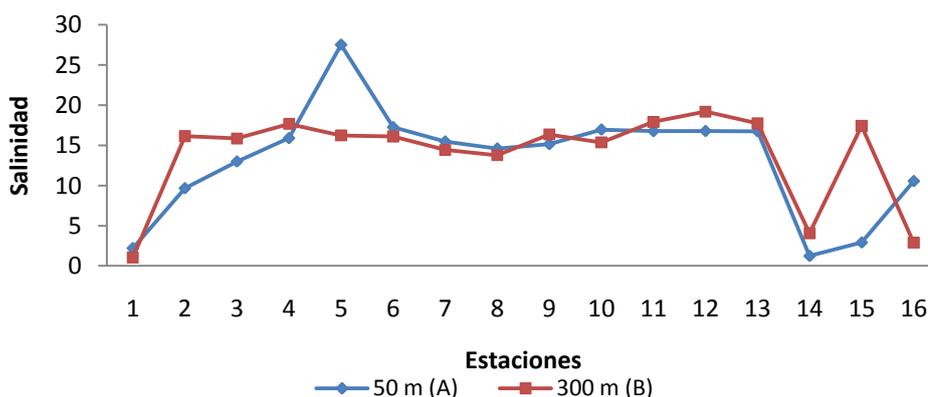


**Figura 9.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en octubre.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 13.59 y una desviación estándar de 6.17.

A 50 m de la línea de costa la salinidad presentó un valor promedio de 13.3, con una desviación estándar de 6.74, el valor mínimo fue de 1.24 en la estación 14A y el máximo de 27.52 en la estación 5A. A 300 m el valor promedio fue de 13.89, con una desviación estándar de 5.75, el valor mínimo fue de 1.05 en la estación 1B y el máximo de 19.2 en la estación 12B (Figura 10).

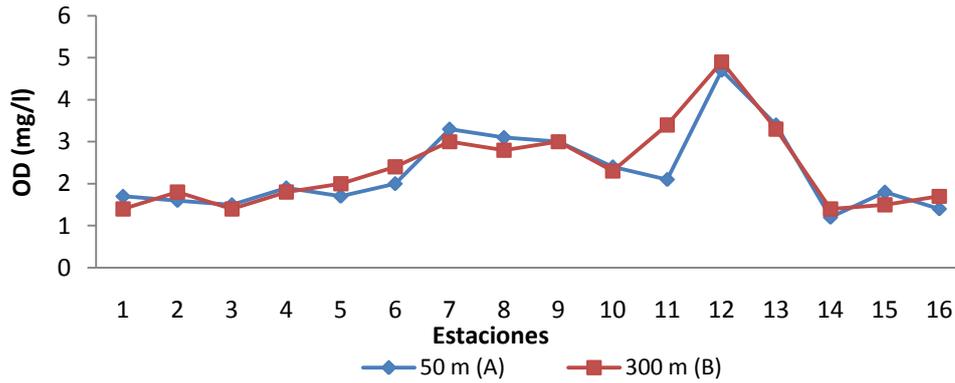


**Figura 10.** Valores de salinidad por estación en octubre.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un promedio de 2.34 mg/l, con una desviación estándar de 0.95.

A de 50 m de la línea de costa, el promedio del oxígeno disuelto fue de 2.3 mg/l, con una desviación estándar de 0.95, el valor mínimo fue de 1.2 mg/l en la estación 14A y el máximo de 4.7 mg/l en la estación 12A. A 300 m el promedio del oxígeno disuelto fue de 2.38 mg/l, con una desviación estándar de 0.97, el valor mínimo fue de 1.4 mg/l para las estaciones 1B, 3B y 14B y el máximo de 4.9 mg/l para la estación 12B (Figura 11).

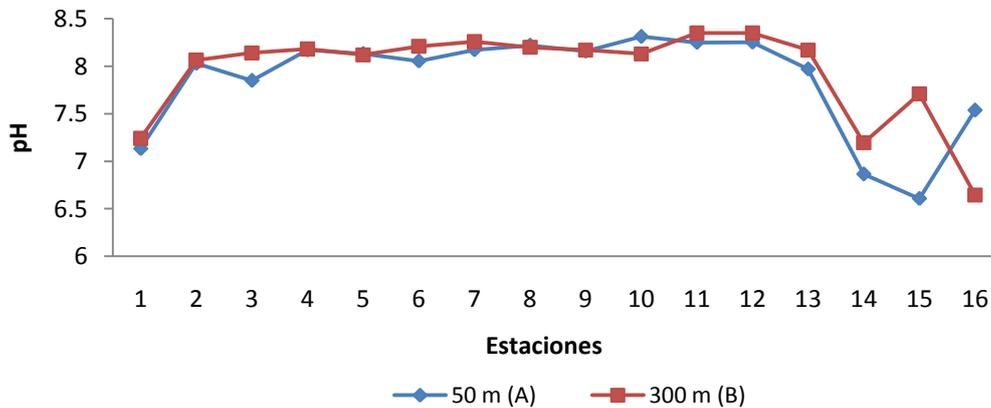


**Figura 11.** Valores de oxígeno disuelto por estación en octubre.

#### f) pH

El valor promedio de pH fue de 7.86, con una desviación estándar de 0.51.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.86, con una desviación estándar de 0.53, el valor mínimo fue de 6.61 en la estación 15A y el máximo de 8.31 en la estación 10A. A 300 m el valor promedio de pH fue de 7.95, con una desviación estándar de 0.49, el valor mínimo fue de 6.65 en la estación 16B y el máximo de 8.35 en la estación 12B (Figura 12).

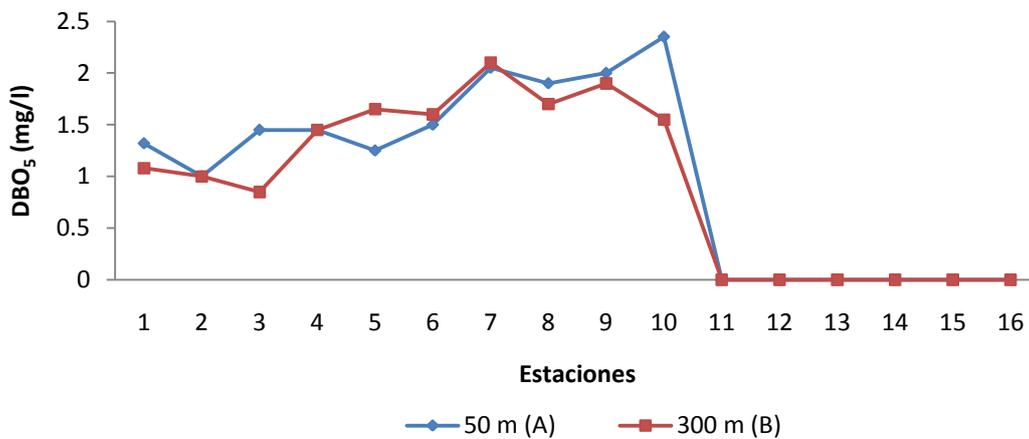


**Figura 12.** Valores de pH por estación en octubre.

**g) DBO<sub>5</sub>**

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.56. mg/l, con una desviación estándar de 0.41. Durante octubre los transectos 11 al 16 no se realizaron los muestreos.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.63 mg/l, con una desviación estándar de 0.42, el valor mínimo fue de 1 mg/l en la estación 2A y el máximo de 2.35 mg/l en la estación 10A. A 300 m el valor promedio fue de 1.49 mg/l, con una desviación estándar de 0.4 y el mínimo de 0.85 mg/l en la estación 3B y el máximo fue de 2.1 mg/l en la estación 7B (Figura 13).



**Figura 13.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en octubre.

**3.3.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos**

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron relación considerable con el oxígeno disuelto (0.69) y la temperatura (0.76). El coeficiente de correlación más alto se presentó con la DBO<sub>5</sub> (0.99). A 300 m no se presentó relación con ninguna de las variables ambientales (Tabla 1).

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en octubre.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.76	-0.09
Conductividad	0.39	0.11
SDT	0.4	0.11

Salinidad	0.03	0.1
OD	0.69	-0.16
pH	0.47	0.06
DBO <sub>5</sub>	0.99	0.02

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron correlación considerable con el oxígeno disuelto (0.79). A 300 m todos los parámetros presentaron correlación positiva siendo los más altos la salinidad (0.7), temperatura (0.75), pH (0.81) y la DBO<sub>5</sub> (0.93) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en octubre.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.47	0.75
Conductividad	0.54	0.69
SDT	0.64	0.68
Salinidad	0.38	0.7
OD	0.79	0.55
pH	0.41	0.81
DBO <sub>5</sub>	0.59	0.93

La matriz de dispersión muestra gráficamente la relación entre las variables ambientales, los coliformes totales y fecales.

Para el mes de octubre los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales, ya que su gráfica presenta una línea horizontal, la cual indica ausencia de relación. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una pendiente recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas. El pH mostró relación con la temperatura, conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad (Figuras 14 y 15).

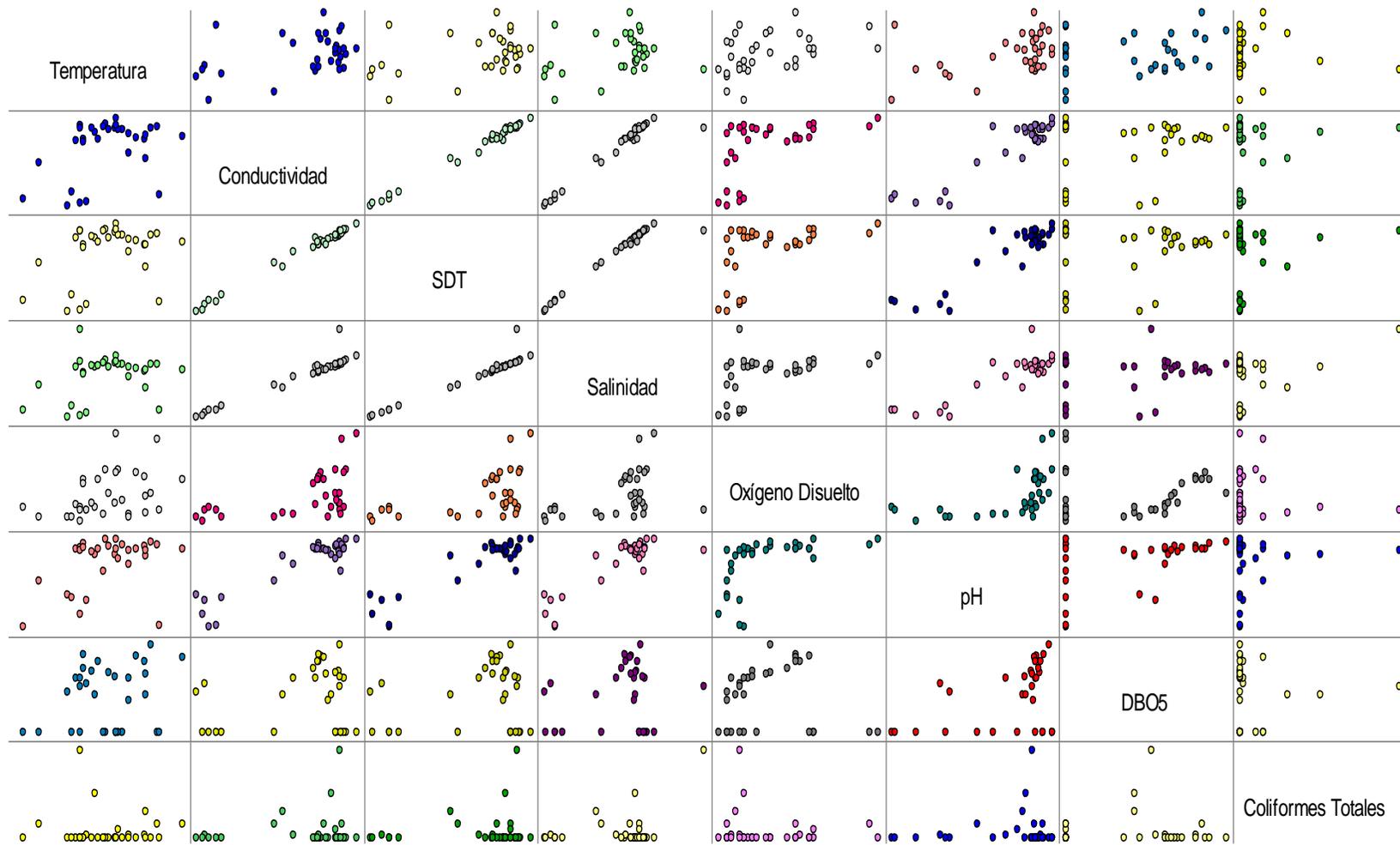


Figura 14. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en octubre.

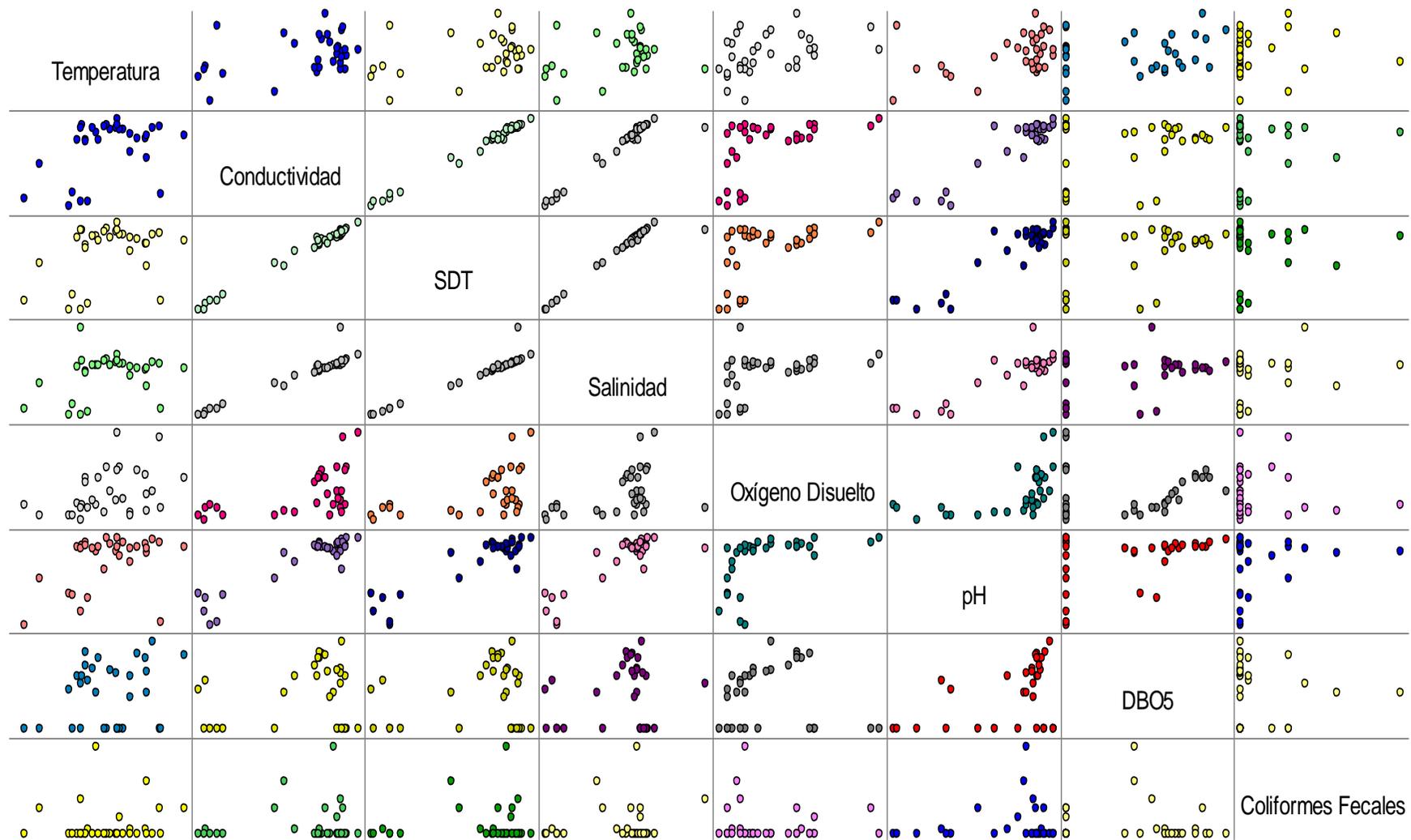


Figura 15. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en octubre.

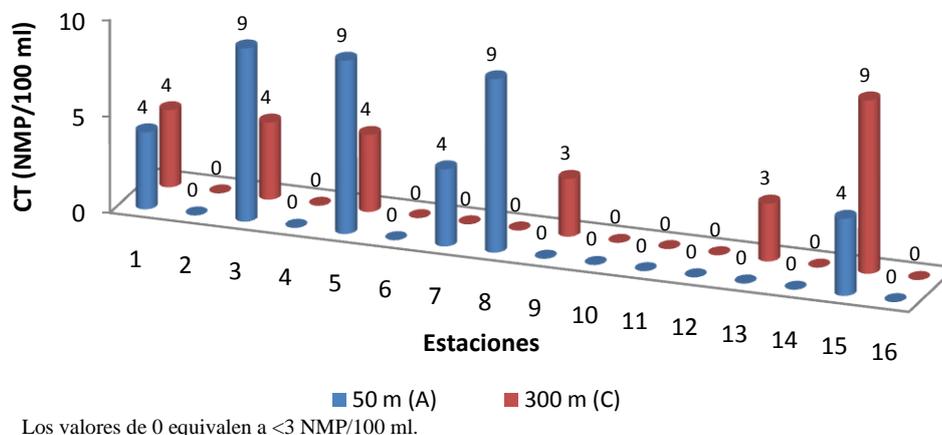
### 3.4 Condiciones ambientales del agua en febrero.

En el anexo 4 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.4.1 Distribución y análisis de los coliformes totales y coliformes fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 3.94 NMP/100 ml y su desviación estándar de 1.98.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 4.31 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 2.36, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en las estaciones 2A, 4A, 6A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A y 16A y el máximo de 9 en las estaciones 3A, 5A y 8A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 3.56 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 1.5, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en las estaciones 2B, 4B, 6B, 7B, 8B, 10C, 11B, 12B, 14B y 16B y el máximo de 9 NMP/100 ml en la estación 15B (Figura 16).

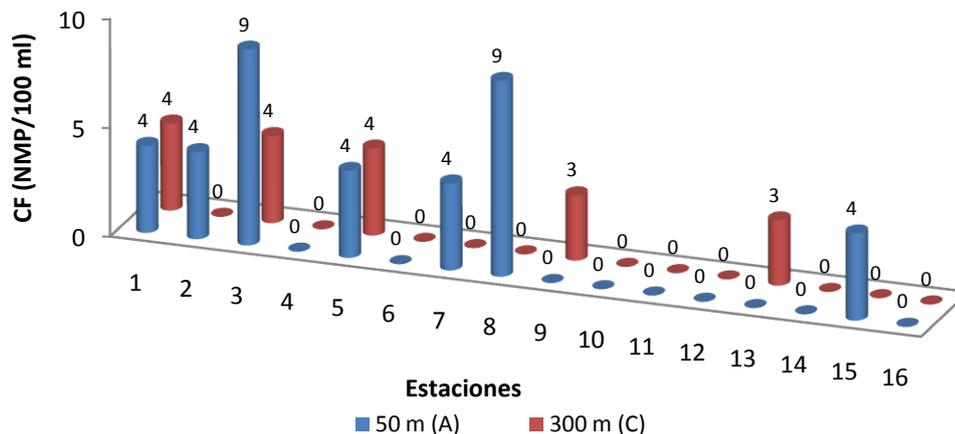


**Figura 16.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en febrero.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 3.63 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 1.48.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 4.06 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 1.98, el valor mínimo fue de <3 NMP/100

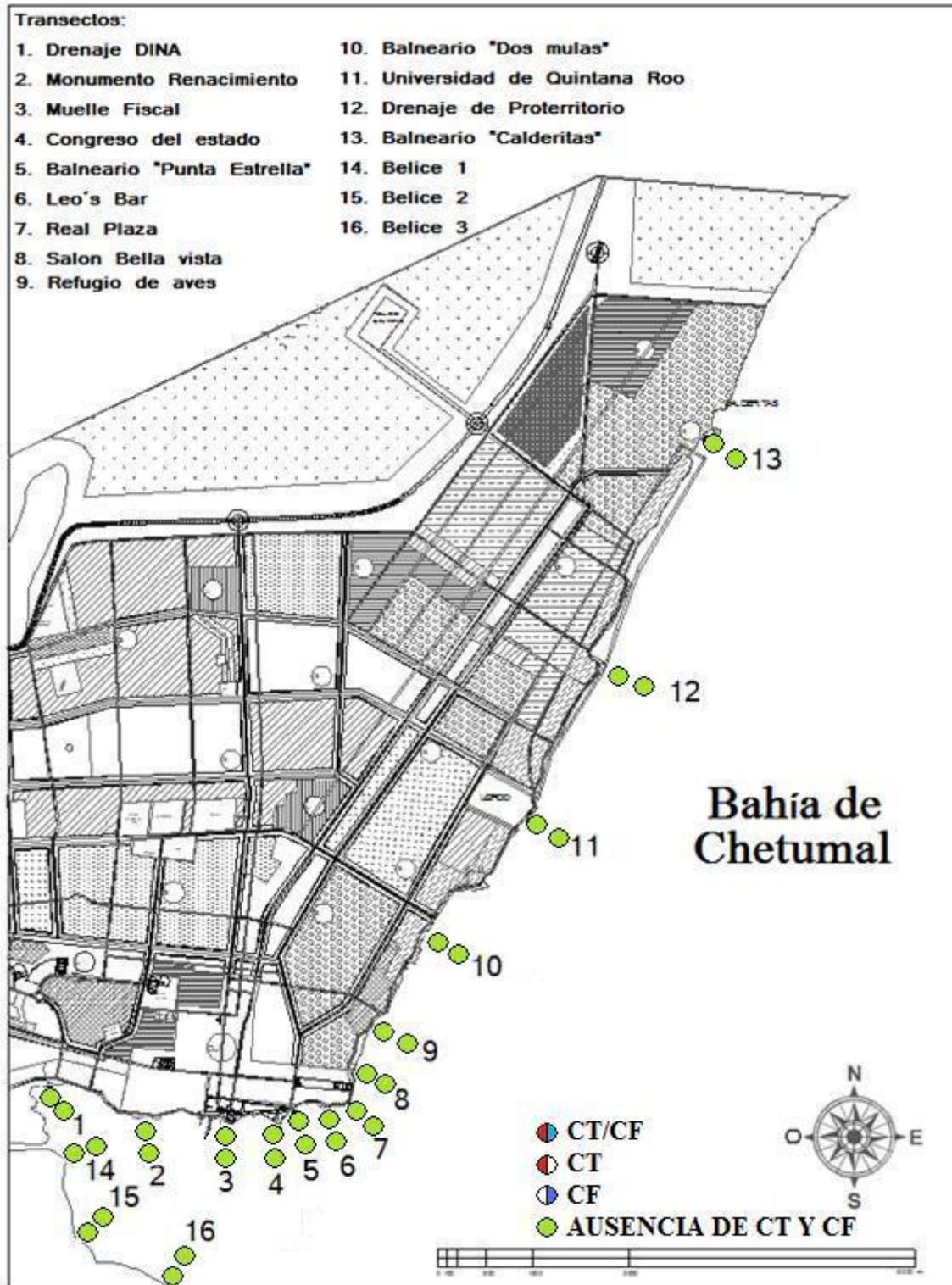
ml en las estaciones 4A, 6A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A y 16A y el máximo de 9 NMP/100 ml en las estaciones 3A y 8A, a 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 3.19 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 0.4, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2B, 4B ,6B ,7B, 8B,10,1B, 12B, 14B y 16B y el máximo de 4 NMP/100 ml en la estación 1B, 3B y 5B (Figura 17).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 17.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en febrero.

La figura 18 se presenta para poder visualizar que durante febrero en las estaciones, no se encontró presencia de coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



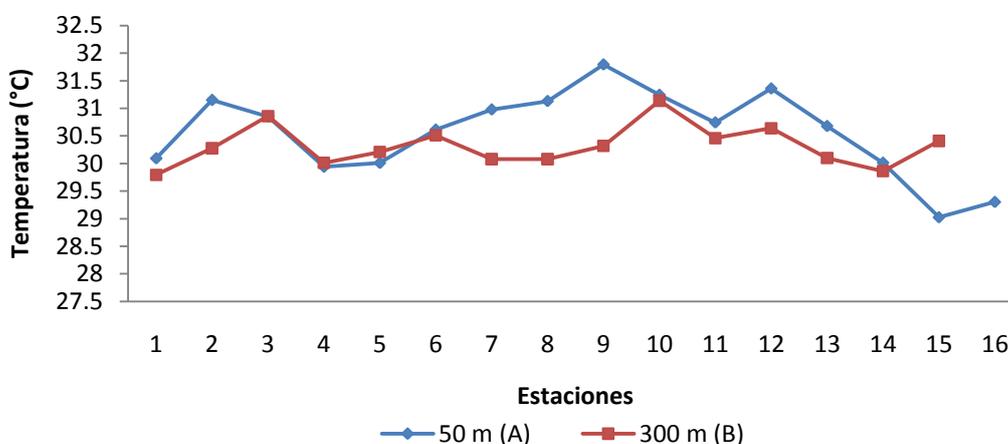
**Figura 18.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en febrero.

### 3.4.2. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante octubre el promedio de la temperatura fue de 29.53 °C, con una desviación estándar de 5.42.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 30.56 °C, con una desviación estándar de 0.76, la temperatura mínima fue de 29.03°C en la estación 15A y la máxima de 31.79 °C en la estación 9A. El valor promedio de la temperatura a 300 m fue de 30.38 °C, con una desviación estándar de 0.44, la temperatura mínima fue de 29.8 °C en la estación 1B y la máxima de 31.39 °C en la estación 16B (Figura 19).

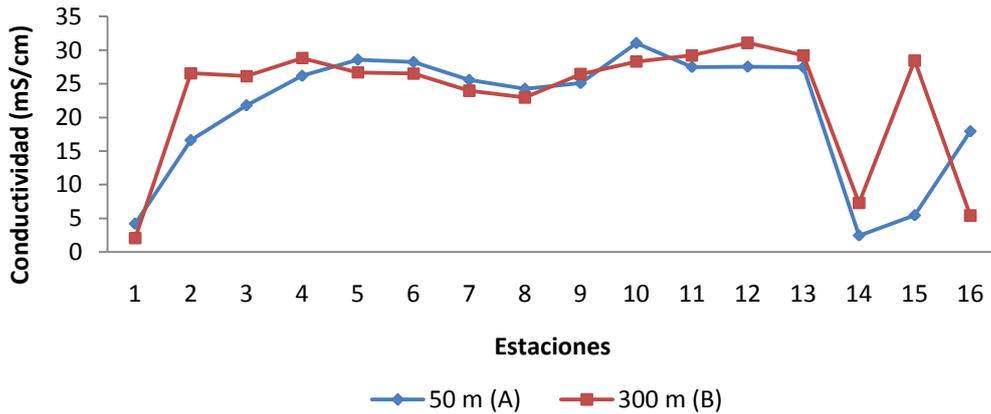


**Figura 19.** Valores de temperatura por estación en febrero.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 21.24 mS/cm, con una desviación estándar de 9.9.

La conductividad a 50 m de la línea de costa presentó un valor promedio de 21.24 mS/cm con una desviación estándar de 9.34, el valor mínimo fue de 2.44 mS/cm en la estación 14A y el máximo de 31.05 mS/cm en la estación 10A. A 300 m presentó un valor promedio de 23.07 ms/cm, con una desviación estándar de 9.27, el valor mínimo fue de 2.07 mS/cm en la estación 1B y el máximo de 31.08 mS/cm en la estación 12B (Figura 20).

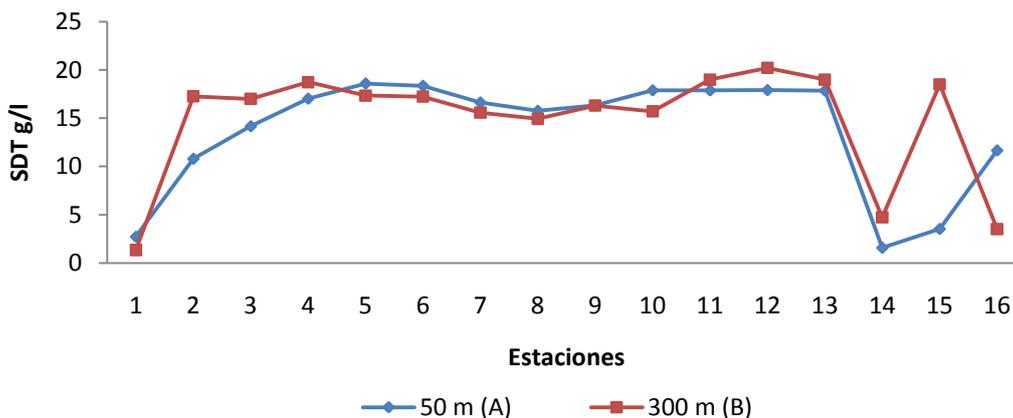


**Figura 20.** Valores de conductividad por estación en febrero.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 13.62 g/l, con una desviación estándar de 6.32.

A 50 m de la línea de costa los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 13.66 g/l, con una desviación estándar de 5.94, el valor mínimo fue de 1.58 g/l en la estación 14A y el máximo de 18.58 g/l en la estación 5A. A 300 m los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 14.77 g/l, con una desviación estándar de 5.94. El valor mínimo que presentaron los sólidos disueltos totales fue de 1.34 g/l en la estación 1B y el máximo de 20.2 g/l en la estación 12B (Figura 21).

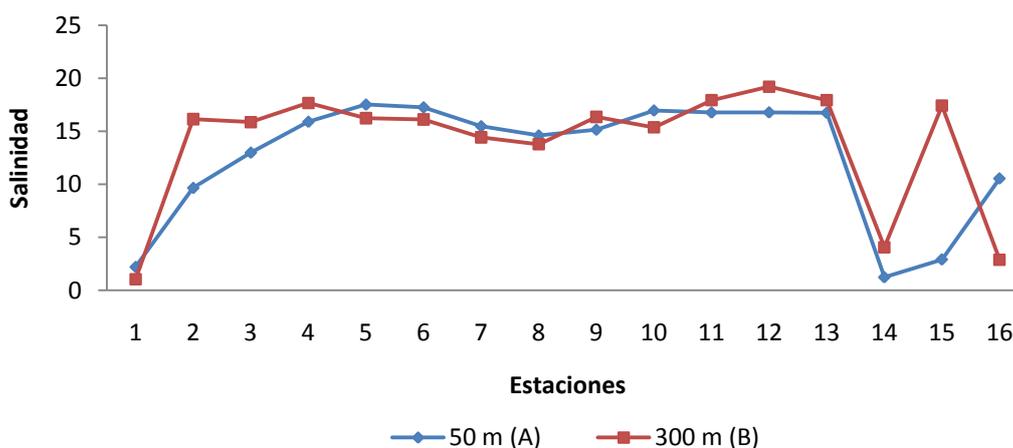


**Figura 21.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en febrero.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 12.73 y su desviación estándar de 6.08.

A 50 m de la línea de costa la salinidad presentó un valor promedio de 12.67, con una desviación estándar de 5.72, el valor mínimo fue de 1.24, registrado en la estación 14A y el máximo de 17.52 en la estación 5A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 13.9, con una desviación estándar de 5.76, el valor mínimo fue de 1.05 en la estación 1B y el máximo de 19.2 en la estación 12B (Figura 22).



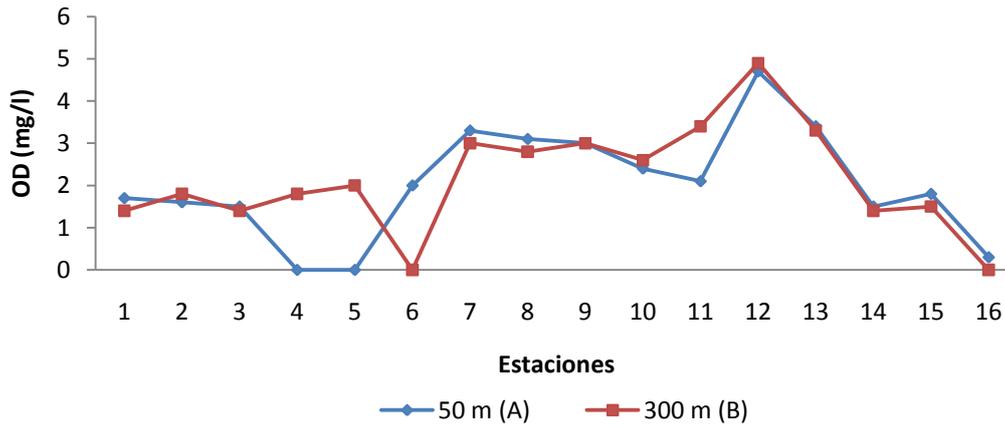
**Figura 22.** Valores de salinidad por estación en febrero.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un promedio de 2.08 mg/l y su desviación estándar de 1.26.

A 50 m de la línea de costa, el promedio del oxígeno disuelto fue de 2.03 mg/l, con una desviación estándar de 1.29, el valor mínimo fue de 0.3 en la estación 16A y el máximo de 4.7 mg/l, en la estación 12A. A 300 m el promedio del oxígeno disuelto fue de 2.29 mg/l, con una desviación estándar de 1.17, el valor mínimo fue de 1.4 mg/l, registrado en las estaciones 1B, 3B y 14B y el máximo fue de 4.9 mg/l, registrado en la estación 12B (Figura 23).

Las estaciones 4A, 5A, 6B y 16B no registraron los valores de oxígeno disuelto.

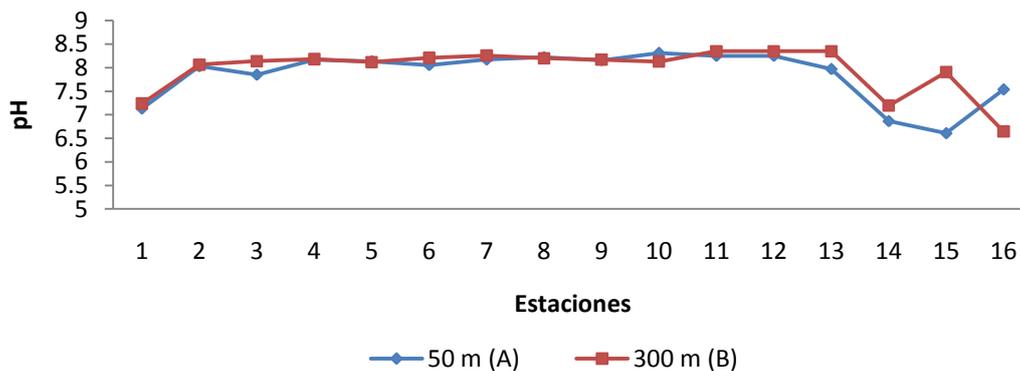


**Figura 23.** Valores de oxígeno disuelto por estación en febrero.

#### f) pH

El valor promedio de pH fue de 7.65 y su desviación estándar de 1.48.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de pH fue de 7.86, con una desviación estándar de 0.53, el valor mínimo fue de 6.61 en la estación 15A y el valor máximo fue de 8.31, en la estación 10A. A 300 m el valor promedio fue de 7.97, con una desviación estándar de 0.5, el valor mínimo fue de 6.65 en la estación 16B y el máximo de 8.35 en la estación 12B (Figura 24).

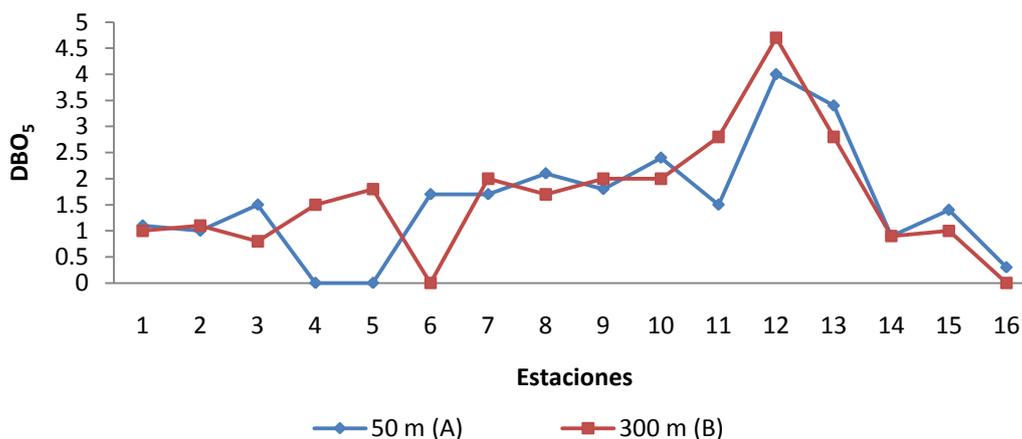


**Figura 24.** Valores de pH por estación en febrero.

**g) DBO<sub>5</sub>**

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.59 mg/l y su desviación estándar de 1.11.

A 50 m de la línea de costa, el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.55 mg/l, con una desviación estándar de 1.09, el valor mínimo fue de 0 mg/l en las estaciones 4A y 5A y el máximo de 4mg/l en la estación 12A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.63 mg/l, con una desviación estándar de 1.16, el valor mínimo fue de 0 mg/l en las estaciones 6B y 16B y el máximo de 4.7 mg/l en la estación 12B (Figura 25).



**Figura 25.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en febrero.

**3.4.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.**

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron correlación positiva muy fuerte con la temperatura (0.96). A 300 m presentó correlación positiva considerable con los sólidos disueltos totales (0.71), la salinidad (0.72), la conductividad (0.75), el pH (0.8), el coeficiente de correlación más alto se presentó con la temperatura (0.96) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en febrero.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.96	0.96
Conductividad	0.68	0.75
SDT	0.63	0.71
Salinidad	0.65	0.72
OD	0.51	0.34
pH	0.68	0.8
DBO <sub>5</sub>	0.52	0.47

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron correlación muy fuerte con la conductividad (0.95), la salinidad (0.96) y la DBO<sub>5</sub> (0.96), el coeficiente de correlación más alto se presentó con los sólidos disueltos totales (0.99). A 300 m no se presentó relación considerable con ninguno de los parámetros (Tabla 4).

**Tabla 4.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en febrero.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.55	0.69
Conductividad	0.95	0.34
SDT	0.99	0.37
Salinidad	0.96	0.36
OD	0.88	0.27
pH	0.83	0.61
DBO <sub>5</sub>	0.96	0.49

De acuerdo a la matriz de diagramas de dispersión en febrero los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales, ya que se presentó una línea horizontal en los puntos. La conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad tuvieron una relación muy fuerte entre ellas. La DBO<sub>5</sub> mostro relación con el oxígeno disuelto (Figuras 26 y 27).

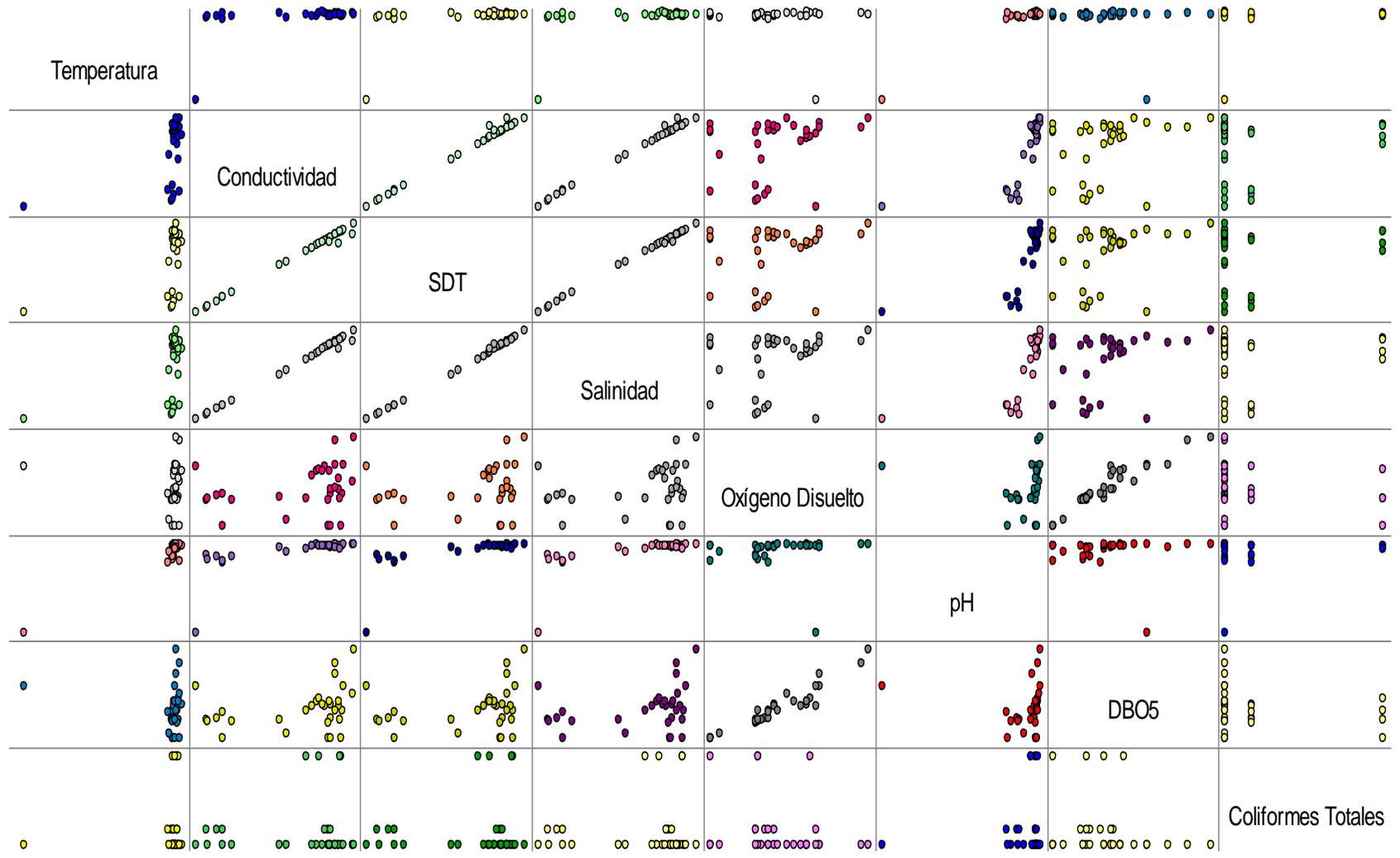


Figura 26. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en febrero.

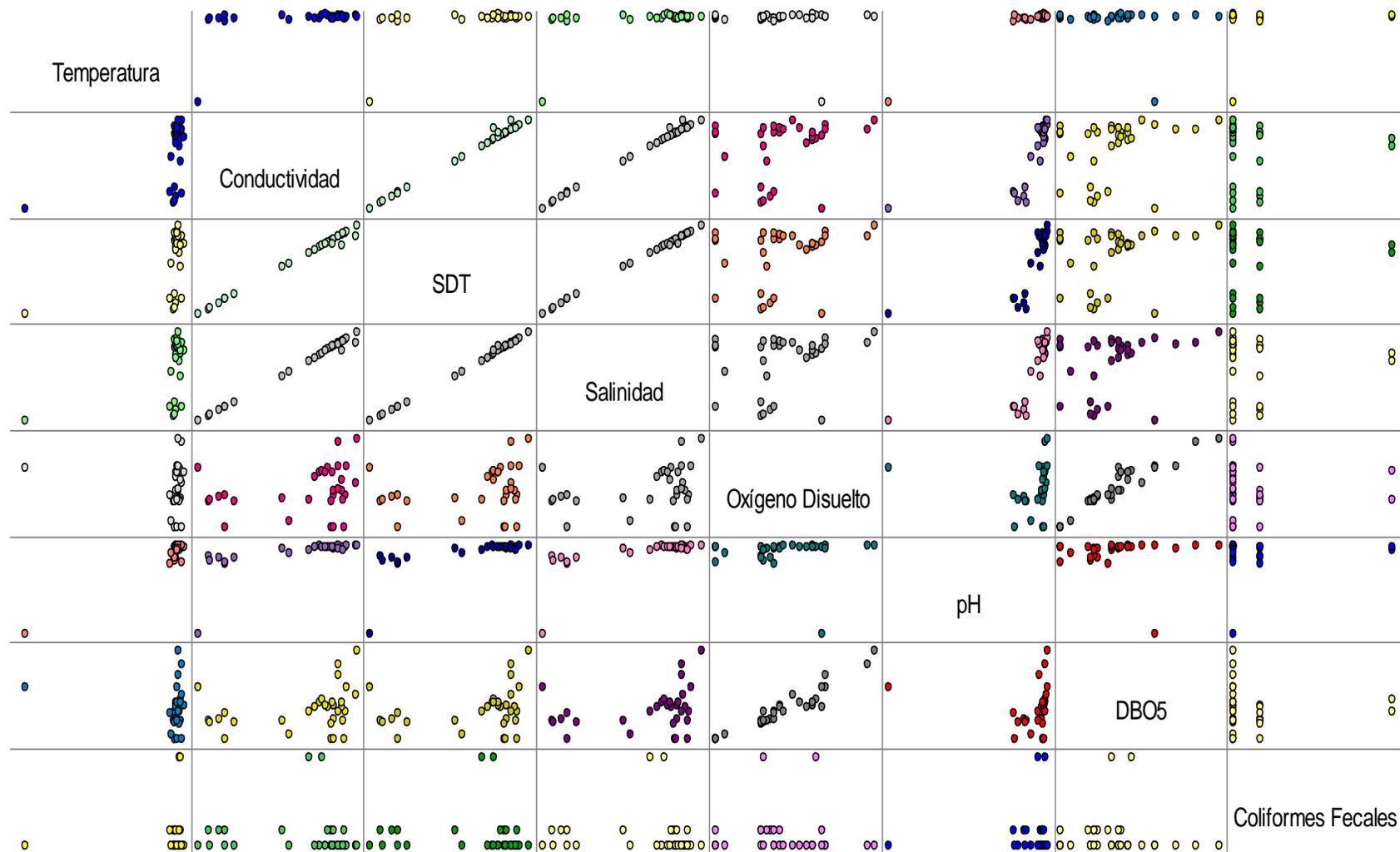


Figura 27. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en febrero.

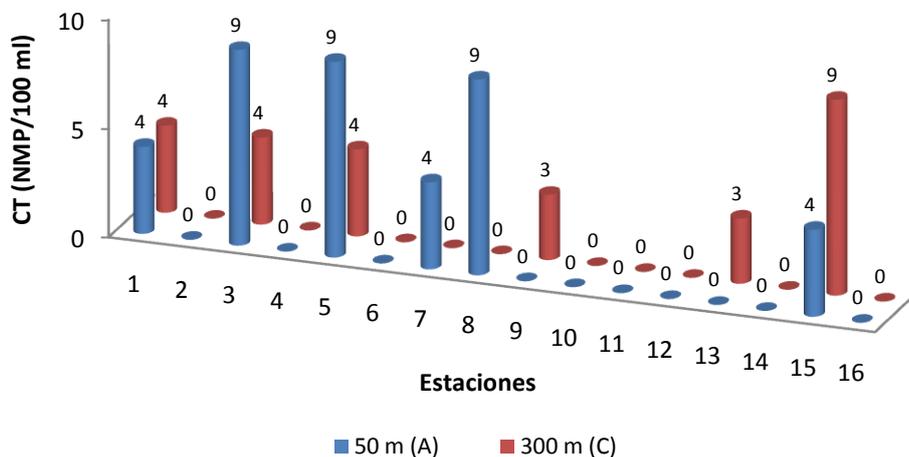
### 3.5. Condiciones ambientales del agua en marzo.

En el anexo 5 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.5.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y coliformes fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 3.94 NMP/100 ml y su desviación estándar de 1.98.

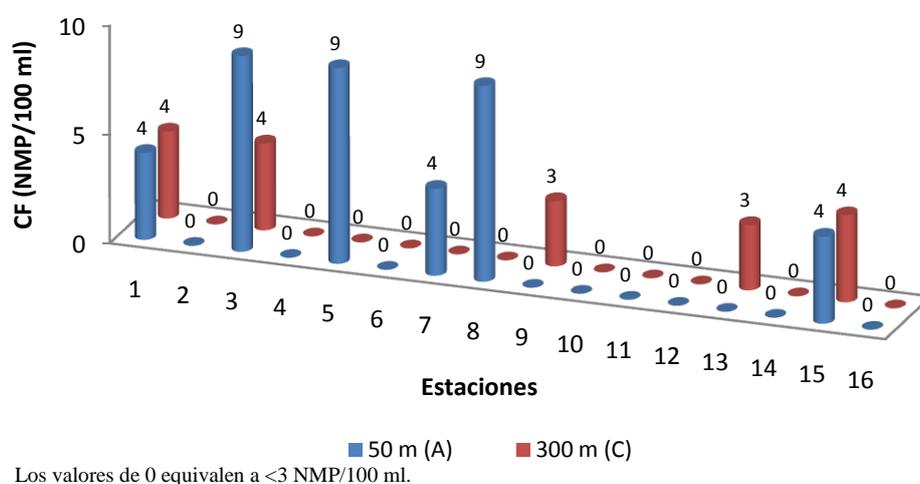
A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 4.31 NMP/100 ml con una desviación estándar de 2.36. El valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2A, 4A, 6A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A y 16A y el máximo fue de 9 NMP/100 ml en las estaciones 3A, 5A y 8A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 3.56 NMP/100 ml con una desviación estándar de 1.5, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2B, 4B, 6B, 7B, 8B, 10C, 11B, 12B, 14B y 16B y el máximo fue de 9 NMP/100 ml en la estación 15B (Figura 27).



**Figura 28.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en marzo.

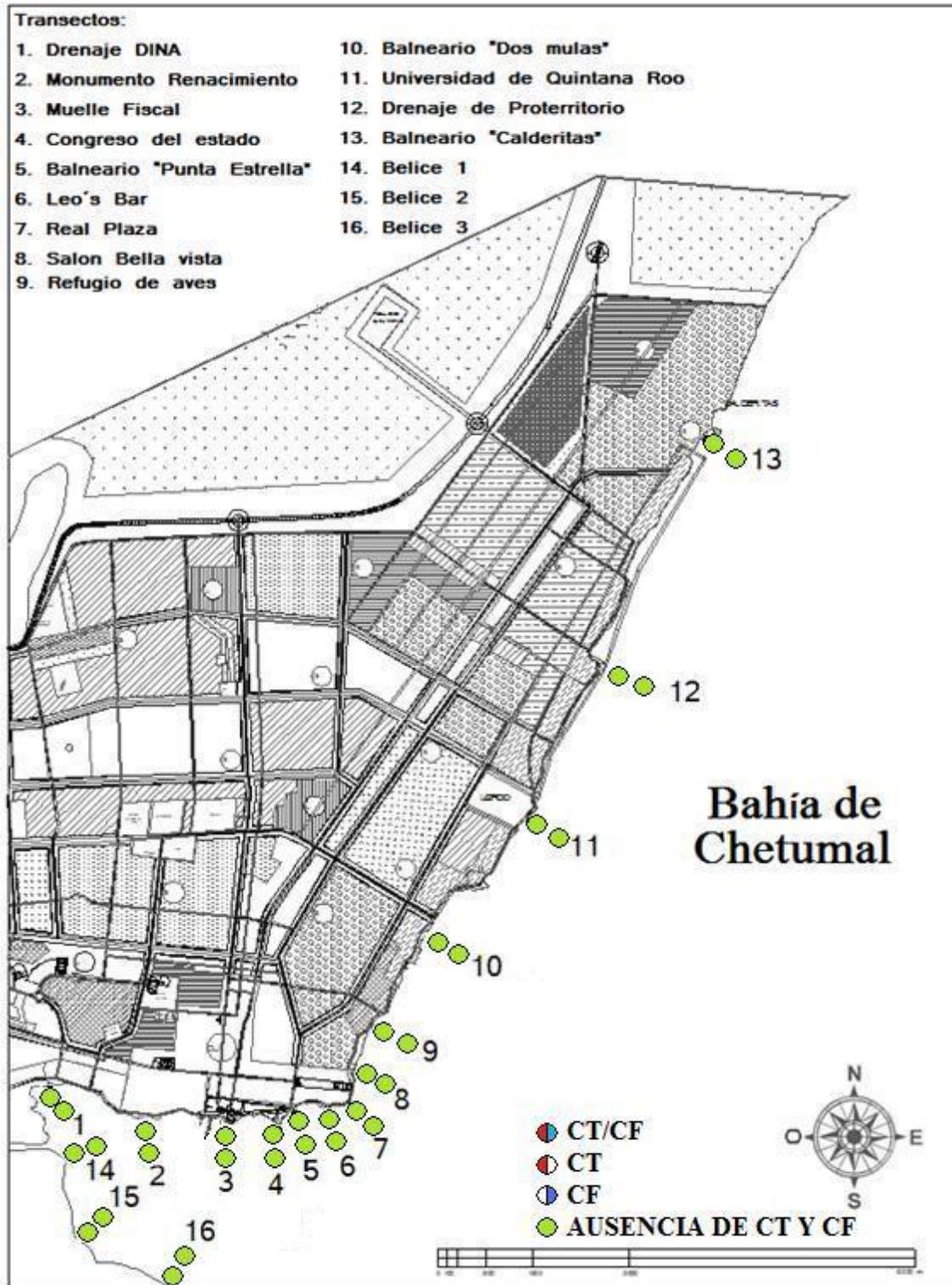
El valor promedio de los coliformes fecales fue de 3.75 NMP/100 ml y su desviación estándar de 1.76.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 4.31 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 2.36, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2A, 4A, 6A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A y 16A y el máximo de 9 NMP/100 ml en las estaciones 3A, 5A y 8A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 3.19 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 0.4, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 10C, 11B, 12B, 14B y 16B y el máximo fue de 4 NMP/100 ml en las estaciones 1B, 3B y 15B (Figura 29).



**Figura 29.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en marzo.

La figura 30 se presenta para poder visualizar que durante marzo en las estaciones, no se encontró presencia de coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



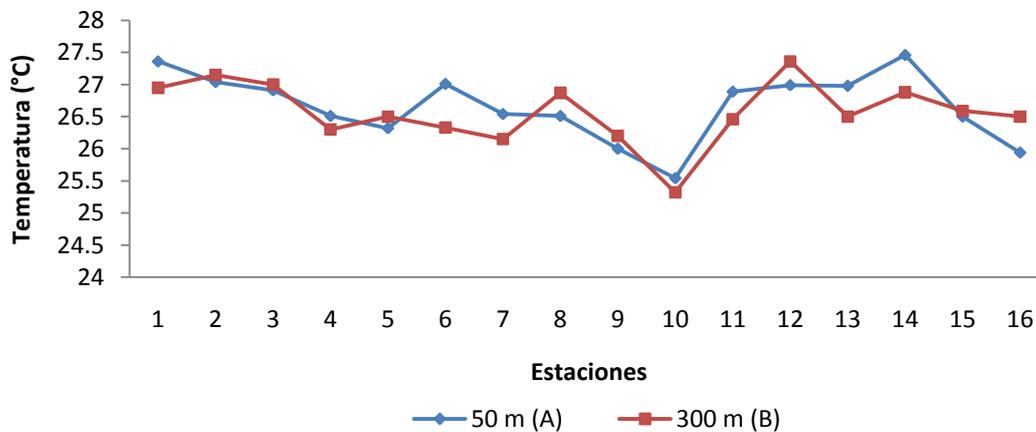
**Figura 30.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en octubre.

### 3.5.2. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante marzo el promedio de la temperatura fue de 26.61°C y su desviación estándar de 0.5.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 26.66 °C con una desviación estándar de 0.52, la temperatura mínima fue de 25.54°C en la estación 10A y la máxima de 27.46°C en la estación 14A. A 300 m el promedio fue de 26.57 °C, con una desviación estándar de 0.48, la temperatura mínima fue de 25.32 °C en la estación 10C y la máxima de 27.36 °C en la estación 12B (Figura 31)

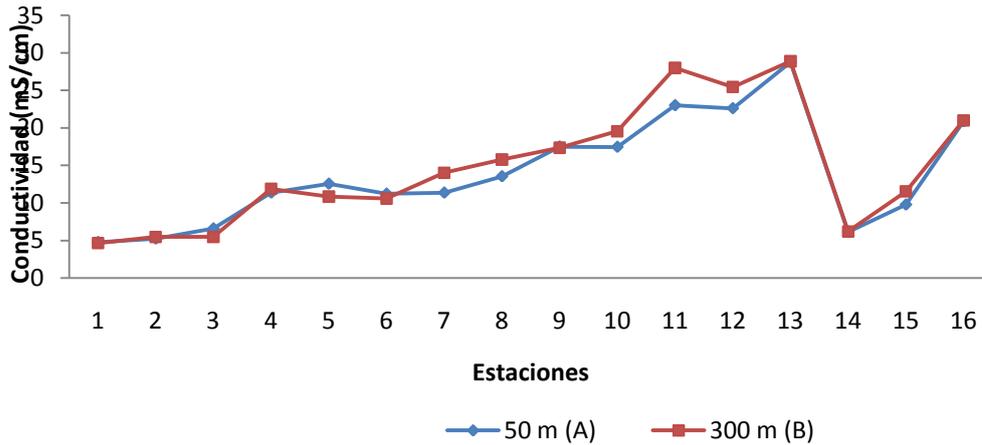


**Figura 31.** Valores de temperatura por estación en marzo.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 14.36 mS/cm y su desviación estándar de 7.47

La conductividad a 50 m de la línea de costa presentó un valor promedio de 13.92 mS/cm, con una desviación estándar de 7.14, el valor mínimo de conductividad fue de 4.78 mS/cm en la estación 1A y el máximo de 28.75 mS/cm en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la conductividad fue de 14.8 mS/cm, con una desviación estándar de 7.99, el valor mínimo fue de 4.65 mS/cm en la estación 1B y el máximo de 28.88 mS/cm en la estación 13B (Figura 32)

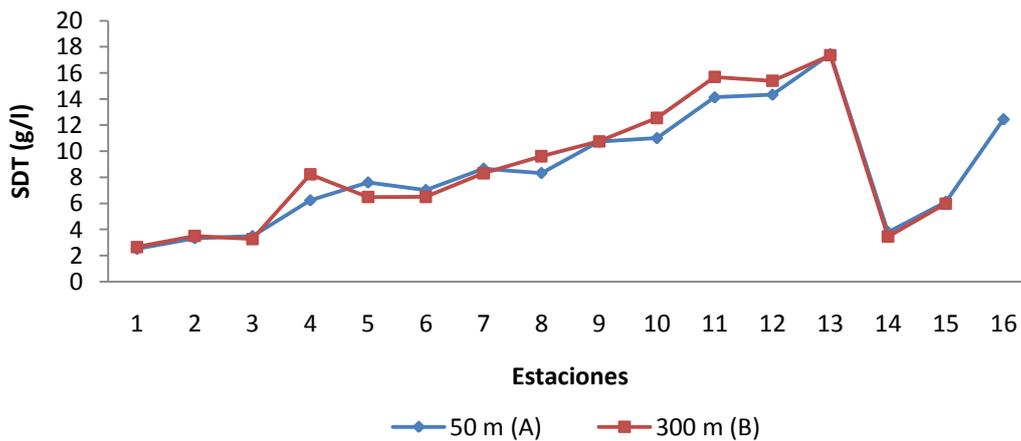


**Figura 32.** Valores de conductividad por estación en marzo.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 8.75 g/l y su desviación estándar de 4.55.

A 50 m de la línea de la costa los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 8.57 g/l, con una desviación estándar de 4.44, el valor mínimo fue de 2.51 g/l en la estación 1A y el máximo de 17.44 g/l en la estación 13A. A 300 m los sólidos disueltos totales presentaron un valor promedio de 8.92 g/l, con una desviación estándar de 4.79, el valor mínimo fue de 2.65 g/l en la estación 1B y el máximo fue de 17.36 g/l en la estación 13B (Figura 33)

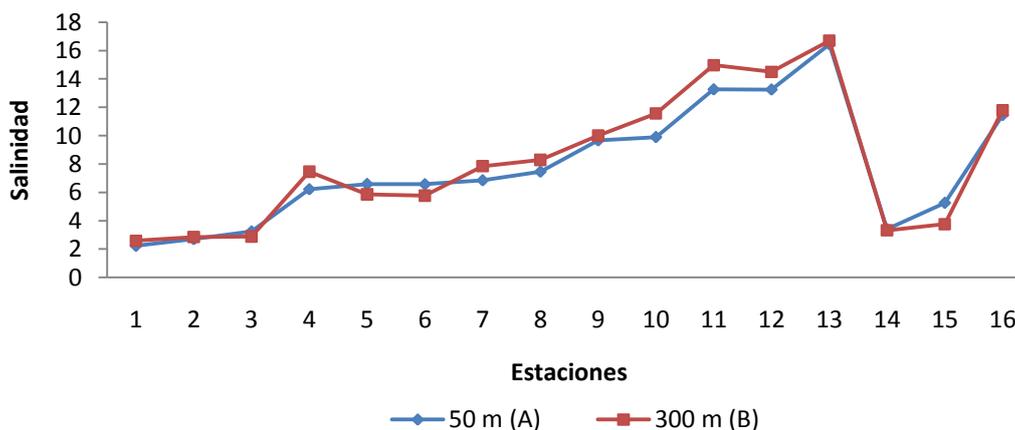


**Figura 33.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en marzo.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 7.96 y su desviación estándar de 4.38.

A 50 m de la línea de costa la salinidad presentó un valor promedio de 7.78, con una desviación estándar de 4.21, el valor mínimo fue de 2.23 en la estación 1A y el máximo de 16.45 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 8.13, con una desviación estándar de 4.68, el valor mínimo fue de 2.59 en la estación 1B y el máximo de 16.7, en la estación 13B (Figura 34).

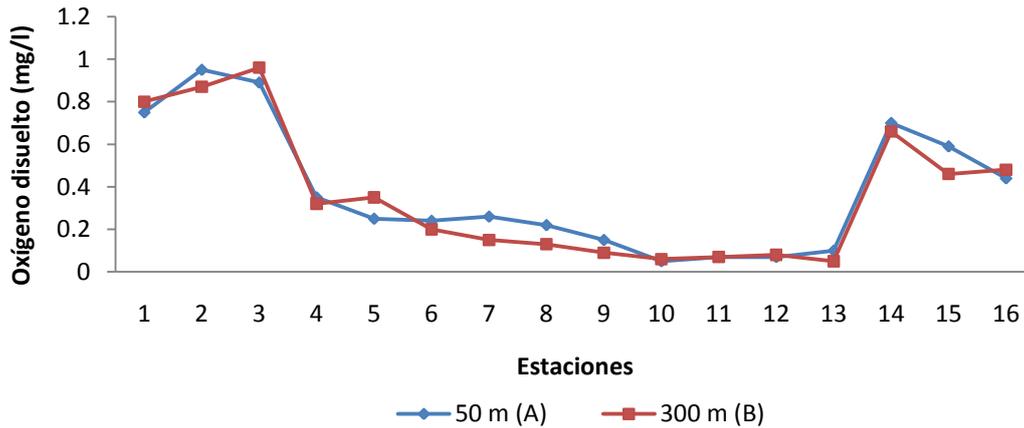


**Figura 34.** Valores de salinidad por estación en marzo.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 0.37 mg/l y su desviación estándar de 0.3.

A 50 m de la línea de costa presentó un valor promedio de 0.38 mg/l, con una desviación estándar de 0.3, el valor mínimo fue de 0.05 mg/l, en la estación 10A y el máximo de 0.95 mg/l en la estación 2A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 0.36 mg/l, con una desviación estándar de 0.31, el valor mínimo fue de 0.05 en la estación 13B y el máximo de 0.96 mg/l en la estación 3B (Figura 35).

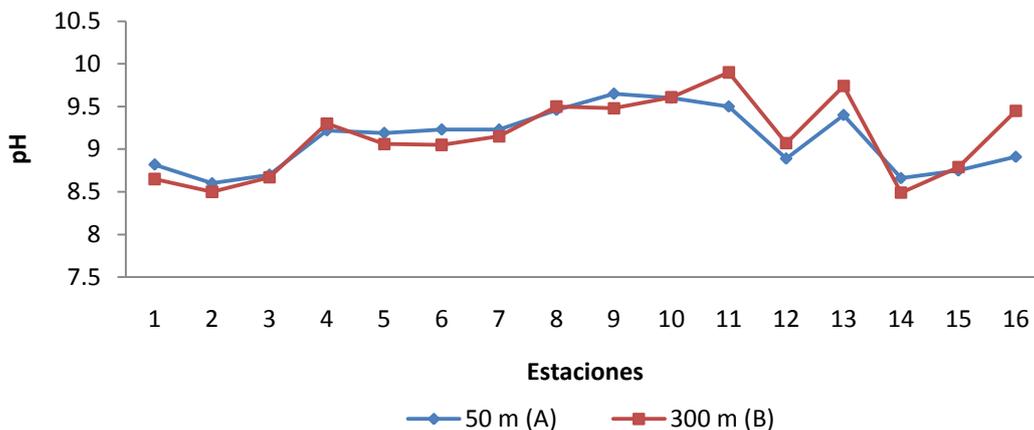


**Figura 35.** Valores de oxígeno disuelto por estación en marzo.

#### f) pH

El valor promedio de pH fue de 9.13 y su desviación estándar de 0.4.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de pH fue de 9.11, con una desviación estándar de 0.35, el valor mínimo fue de 8.6 en la estación 2A y el máximo fue de 9.65 en la estación 9A. A 300 m el valor promedio de pH fue de 9.15, con una desviación estándar de 0.44, el valor mínimo fue de 8.49 en la estación 14B y el máximo fue de 9.9, en la estación 11B (Figura 36).



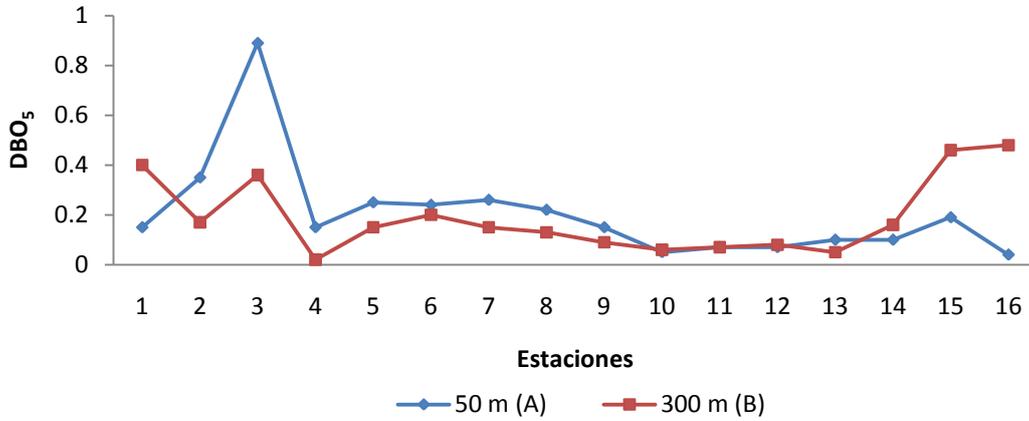
**Figura 36.** Valores de pH por estación en marzo.

#### g) DBO<sub>5</sub>

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.2 mg/l y su desviación estándar de 0.18.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.21 mg/l, con una desviación estándar de 0.2, el valor mínimo fue de 0.04, en la estación 3A y el máximo

fue de 0.89, en la estación 16A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.19 mg/l, con una desviación estándar de 0.15, el valor mínimo fue de 0.02 en la estación 4B y el máximo fue de 0.48 mg/l en la estación 16B (Figura 37)



**Figura 37.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en marzo.

### 3.5.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron relación con la temperatura (0.85) y el pH (0.89). A 300 m presentó correlación positiva considerable con la temperatura (0.76) (Tabla 5)

**Tabla 5.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en marzo.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.85	0.76
Conductividad	0.3	0.37
SDT	0.27	0.27
Salinidad	0.25	0.16
OD	0.54	0.39
pH	0.89	0.22
DBO <sub>5</sub>	0.01	0.02

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron correlación positiva media con el oxígeno disuelto (0.54), presentaron correlación positiva considerable con

la temperatura (0.85) y el pH (0.89). A 300 m los coliformes fecales no presentaron correlación con ningún parámetro (Tabla 6).

**Tabla 6.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en marzo.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.85	0.28
Conductividad	0.3	0.07
SDT	0.27	0.04
Salinidad	0.25	0.03
OD	0.54	0.01
pH	0.89	0.05
DBO <sub>5</sub>	0.01	1.80E-03

Para el mes de marzo la matriz de diagramas de dispersión muestra que los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una línea recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas (Figuras 38 y 39).

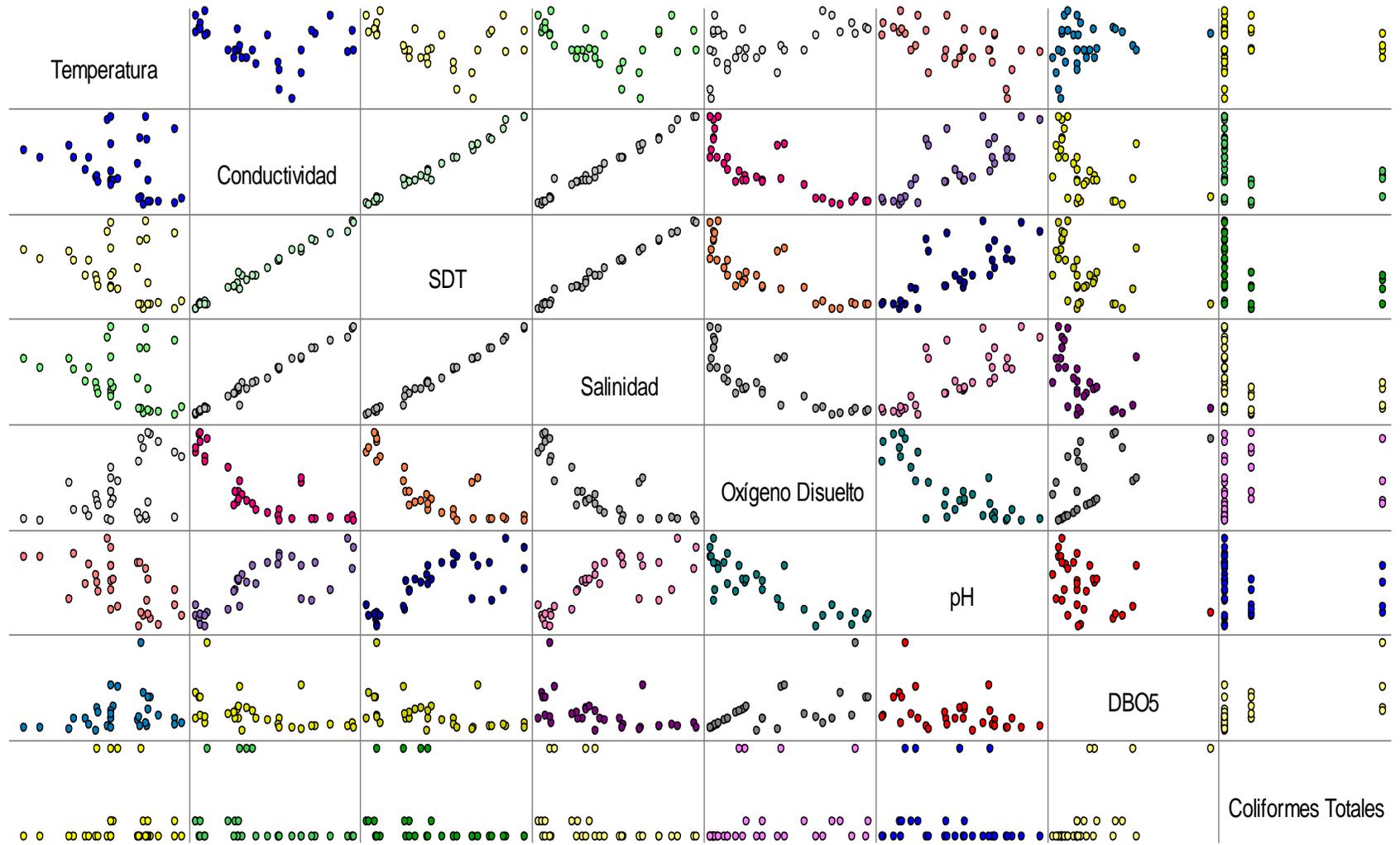


Figura 38. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en marzo.

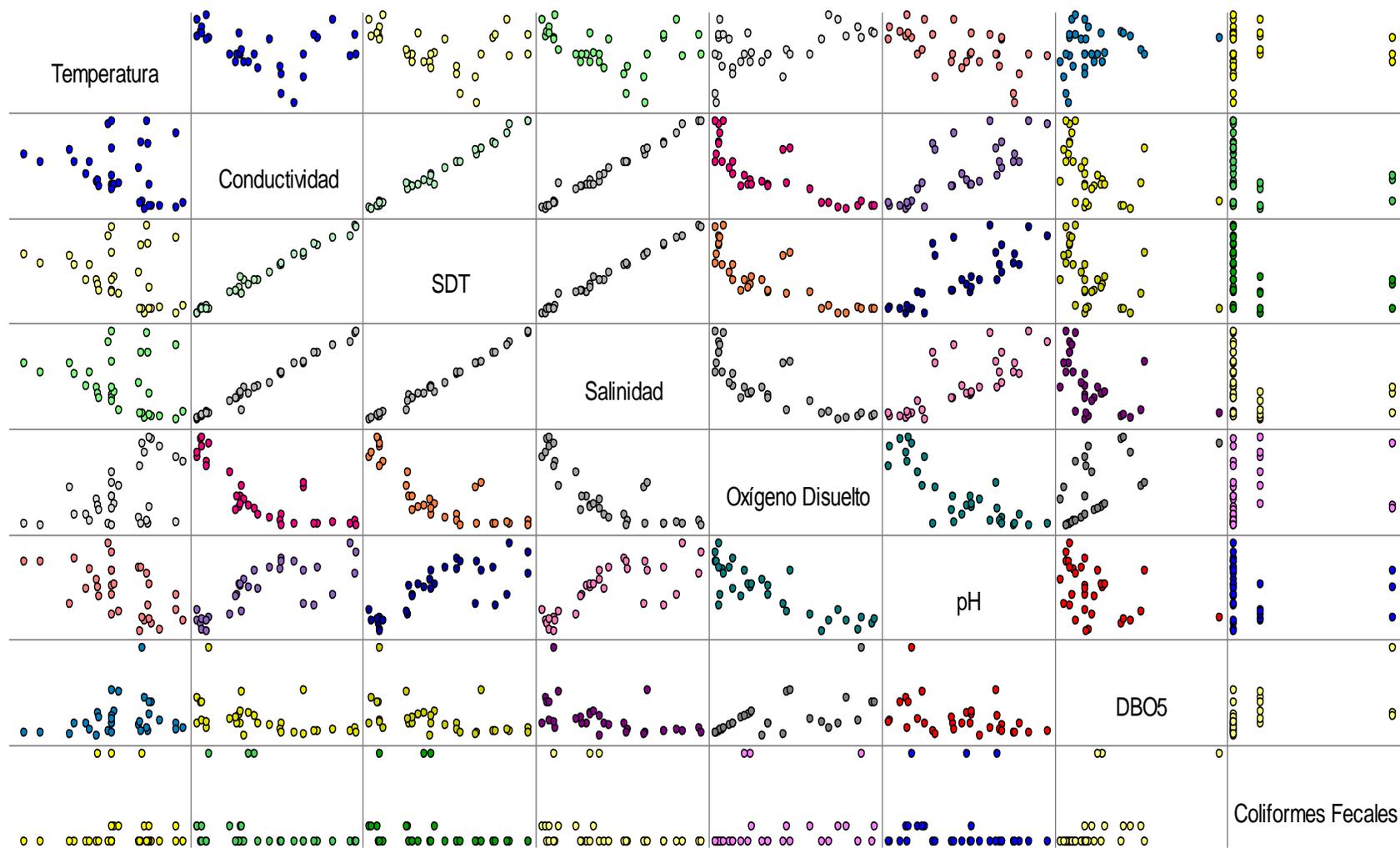


Figura 39. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en marzo.

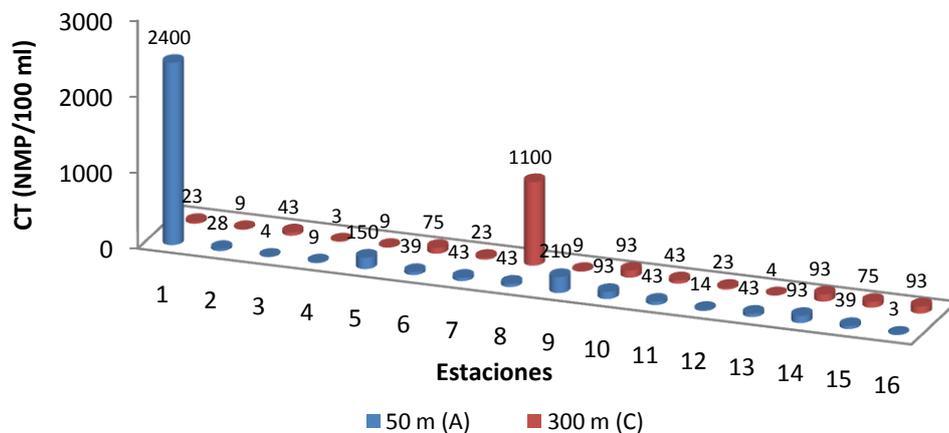
### 3.6 Condiciones ambientales del agua en abril.

En el anexo 6 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.6.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 155.38 NMP/100 ml y su desviación estándar de 452.08.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 203.38 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 588.42, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en la estación 16A y el máximo de 2400 NMP/100 ml en la estación 1A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 107.38 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 266.87 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en la estación 4B y el máximo de 1100 NMP/100 ml en la estación 8B (Figura 40).



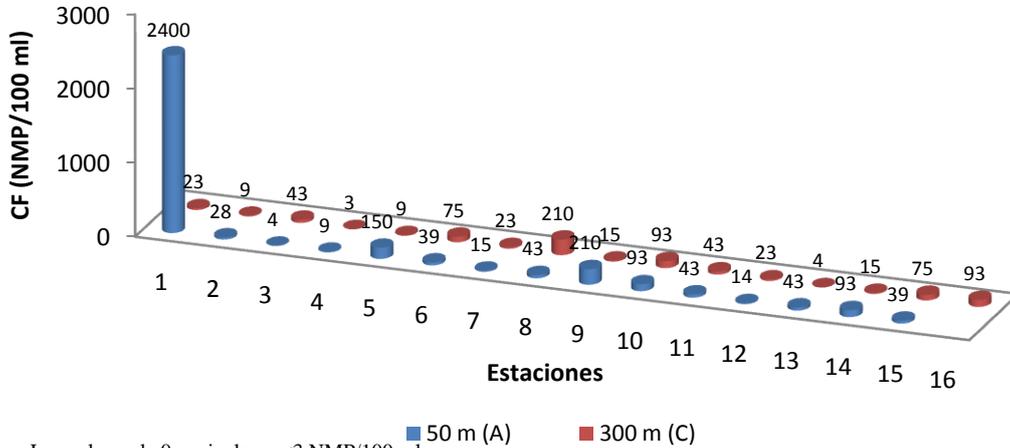
- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 40.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en abril.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 124.44 NMP/100 ml y su desviación estándar de 418.79.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 201.63 NMP/100 ml, con una desviación estándar del 588.97, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en la estación 16A y el máximo de 2400 NMP/100 ml en la estación 1A.

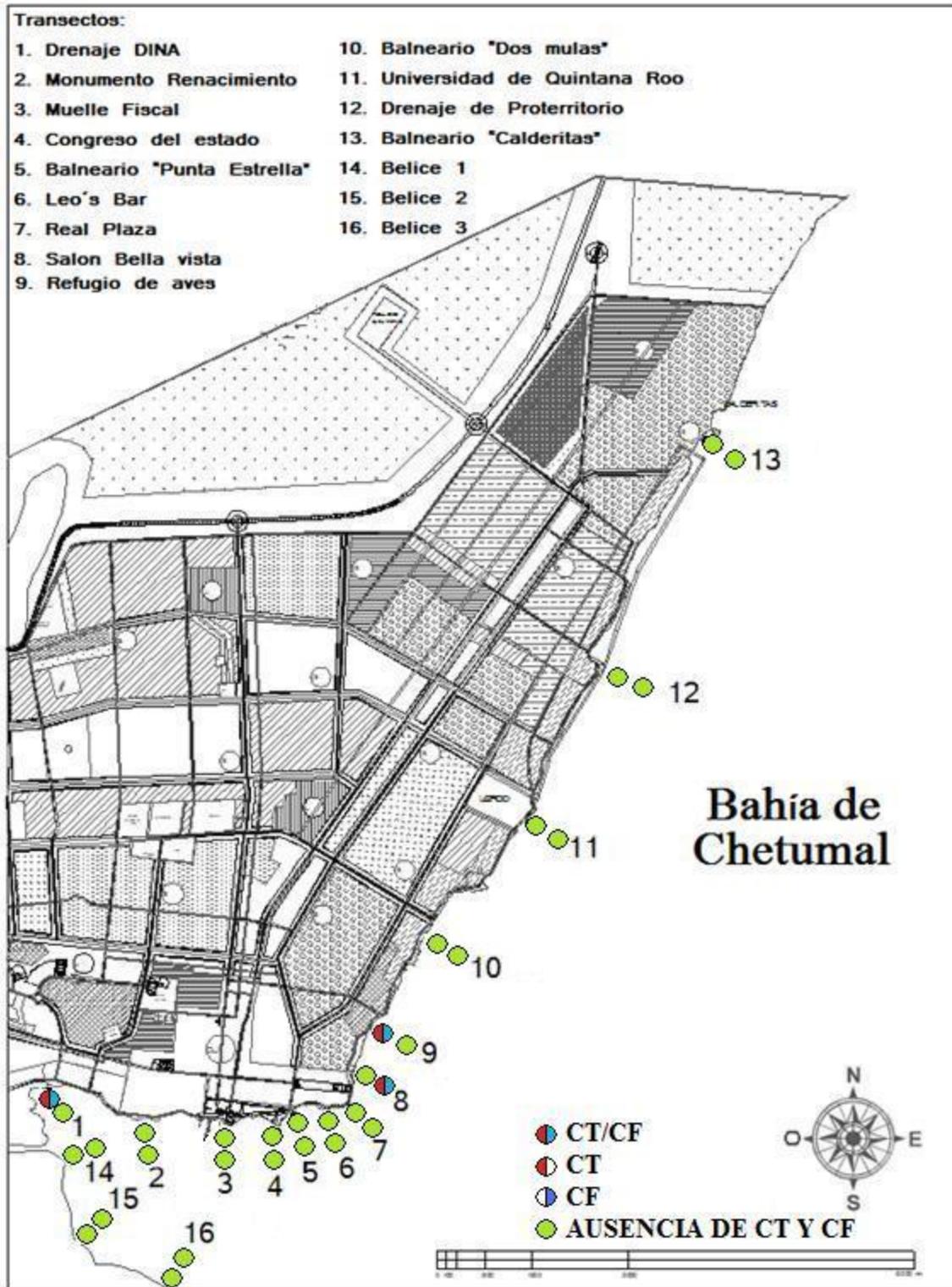
A 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 47.25 NMP/100 ml con una desviación estándar de 53.45, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en la estación 4B y el máximo de 210 NMP/100 ml en la estación 8B (Figura 41).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 41.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en abril.

La figura 42 se presenta para poder visualizar las estaciones donde se presentaron coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



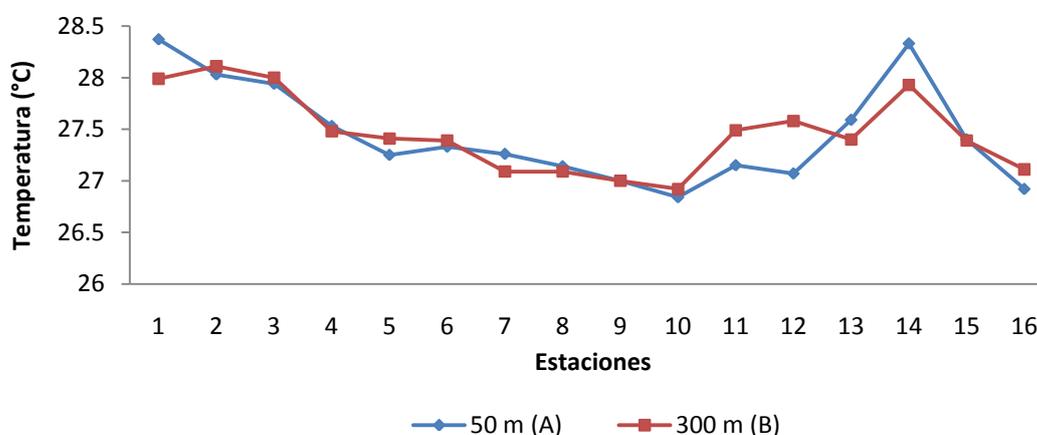
**Figura 42:** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en abril.

### 3.6.2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante el mes de abril el promedio de la temperatura fue de 27.45 °C y su desviación estándar de 0.43.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 27.45 °C, con una desviación estándar de 0.48, el valor mínimo de 26.84 °C en la estación 10A, el máximo de 28.37 °C en la estación 1A. A 300 m el promedio de la temperatura fue de 27.46 °C, con una desviación estándar de 0.38, la temperatura mínima fue de 26.92 °C en la estación 10C y el máximo de 28.11 °C en la estación 2B (Figura 43).

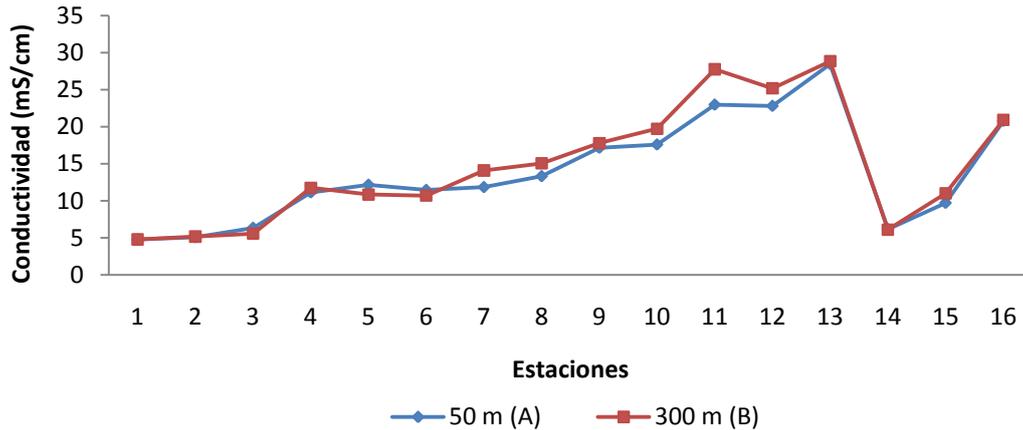


**Figura 43.** Valores de temperatura por estación en abril.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 14.28 mS/cm y su desviación estándar de 7.45,

A 50 m de la línea de costa la conductividad promedio fue de 13.85 mS/cm, con una desviación estándar de 7.13, el valor mínimo de conductividad fue de 4.76 mS/cm, en la estación 1A y el máximo de 28.45 mS/cm en la estación 13A. A 300 m la conductividad promedio fue de 14.7 mS/cm, con una desviación estándar de 7.97, el valor mínimo fue de 4.77 mS/cm en la estación 1B y el máximo de 28.83 mS/cm en la estación 13B (Figura 44).

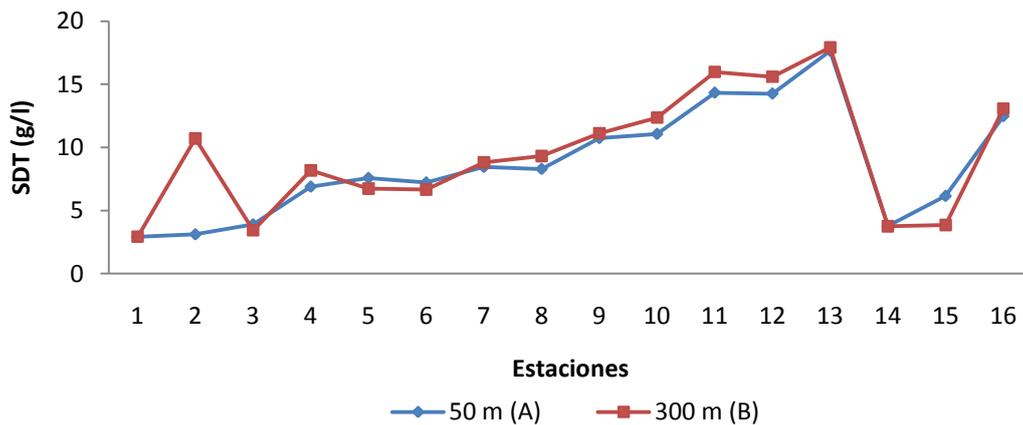


**Figura 44.** Valores de conductividad por estación en abril.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.04 g/l y su desviación estándar de 4.52.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 8.67 g/l, con una desviación estándar de 4.41, el valor mínimo fue de 2.91 g/l en la estación 1A y el máximo de 17.64 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.4 g/l, con una desviación estándar de 4.75, el mínimo fue de 2.93 g/l en la estación 1B y el máximo de 17.92 g/l, en la estación 13B (Figura 45).

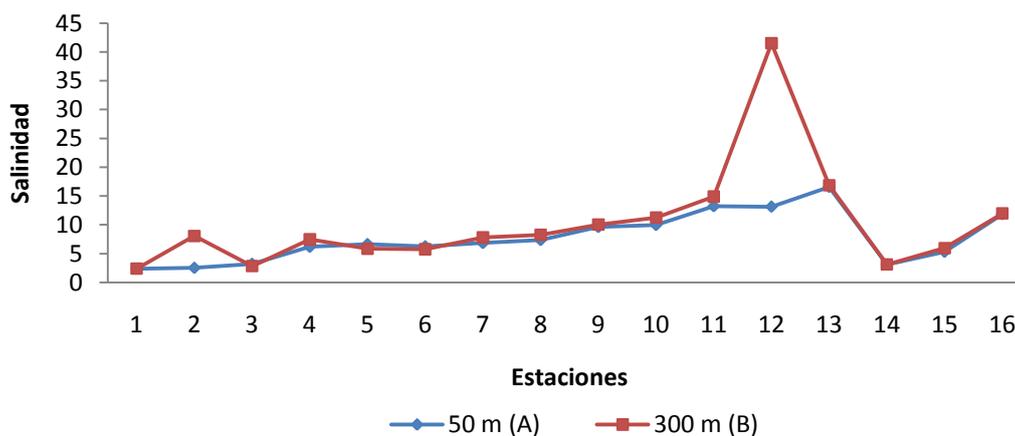


**Figura 45.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en abril.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 9.01 y su desviación estándar de 7.22.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la salinidad fue de 7.77, con una desviación estándar de 4.27, el valor mínimo fue de 2.37 en la estación 1A y el máximo de 16.58 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 10.25, con una desviación estándar de 9.29, el valor mínimo fue de 2.39 en la estación 1B y el máximo de 41.5, en la estación 12B (Figura 46).

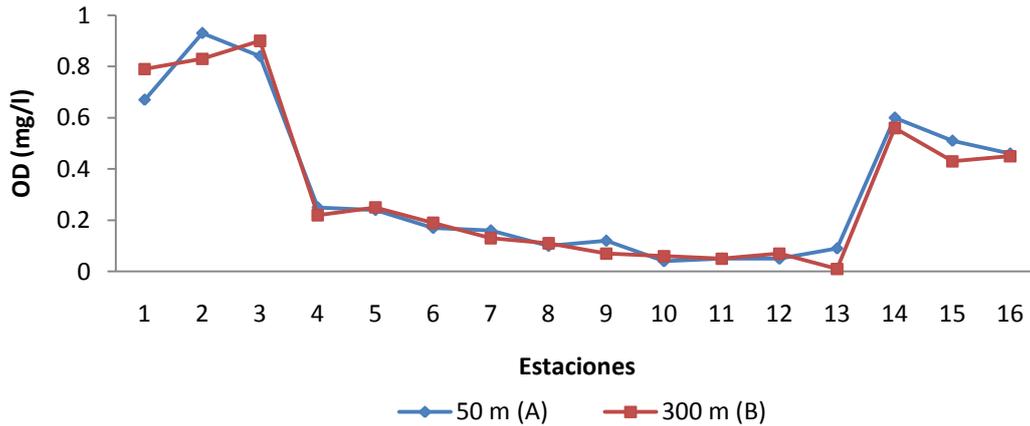


**Figura 46.** Valores de salinidad por estación en abril.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 0.33 mg/l, con una desviación estándar de 0.3.

A 50 m de la línea de costa presentó un valor promedio de 0.33 mg/l, con una desviación estándar de 0.3, el valor mínimo fue de 0.04 mg/l en la estación 10A y el máximo de 0.93 mg/l en la estación 2A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 0.32 mg/l, con una desviación estándar de 0.3, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 13B y el máximo de 0.9 mg/l, en la estación 3B (Figura 47)

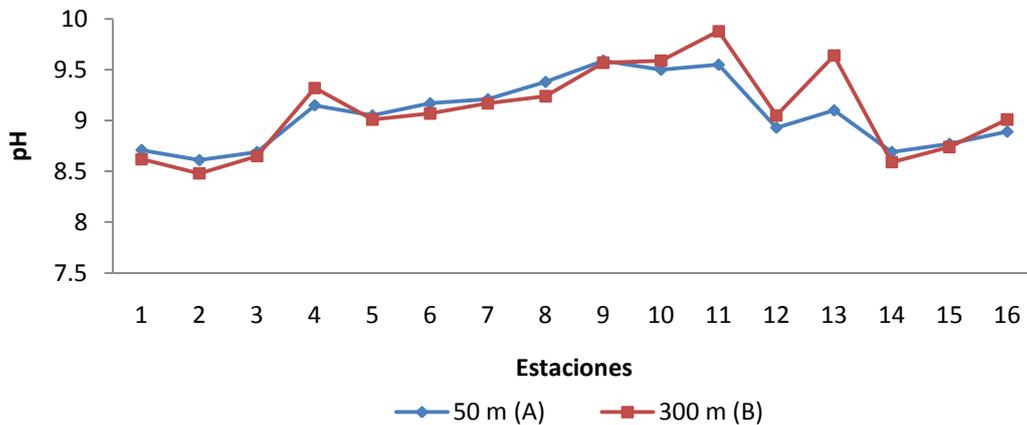


**Figura 47.** Valores de oxígeno disuelto por transecto estación en abril.

**f) pH**

El valor promedio de pH fue de 9.08 y su desviación estándar de 0.37.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del pH fue de 9.06, con una desviación estándar de 0.33, el valor mínimo fue de 8.61 en la estación 2A y el máximo fue de 9.59 en la estación 9A. A 300 m el valor promedio de pH fue de 9.1, con una desviación estándar de 0.42, el valor mínimo fue de 8.48 en la estación 2B y el máximo de 9.88, en la estación 11B (Figura 48).



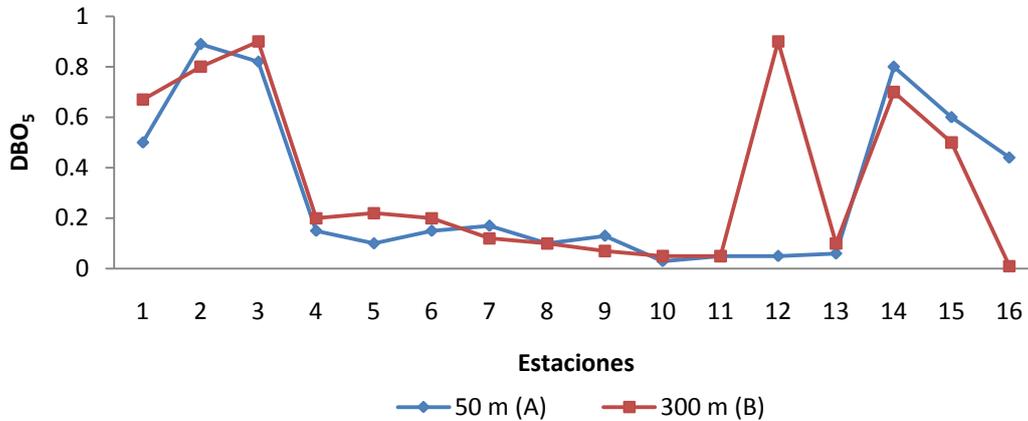
**Figura 48.** Valores de pH por estación en abril.

**g) DBO<sub>5</sub>**

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.33 mg/l y su desviación estándar de 0.32.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.32 mg/l, con una desviación estándar de 0.31, el valor mínimo fue de 0.03 mg/l en la estación 10A y el

máximo de 0.89 mg/l en la estación 2A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.35 mg/l, con una desviación estándar de 0.33, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 16B y el máximo de 0.9 mg/l, en las estaciones 3B y 12B (Figura 49).



**Figura 49:** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en abril.

### 3.6.3. Relación de coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales no presentaron relación con ninguno de los parámetros. A 300 m presentaron relación considerable con la salinidad (0.77) y relación muy fuerte con los SDT (0.91) y la conductividad (0.98) (Tabla 7).

**Tabla 7.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en abril.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.05	0.29
Conductividad	0.2	0.98
SDT	0.19	0.91
Salinidad	0.2	0.77
OD	0.29	0.53
pH	0.36	0.8
DBO <sub>5</sub>	0.62	0.44

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron correlación positiva media con la DBO<sub>5</sub> (0.61). A 300 m presentaron correlación positiva media con el oxígeno disuelto (0.53), presentaron correlación positiva considerable con la

conductividad (0.75) y la salinidad (0.76), la correlación más alta la presentaron los SDT (0.96) (Tabla 8).

**Tabla 8.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en abril.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.05	0.08
Conductividad	0.2	0.75
SDT	0.19	0.96
Salinidad	0.2	0.76
OD	0.29	0.53
pH	0.35	0.7
DBO <sub>5</sub>	0.61	0.24

Para el mes de abril los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una diagonal recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas (Figuras 50 y 51).

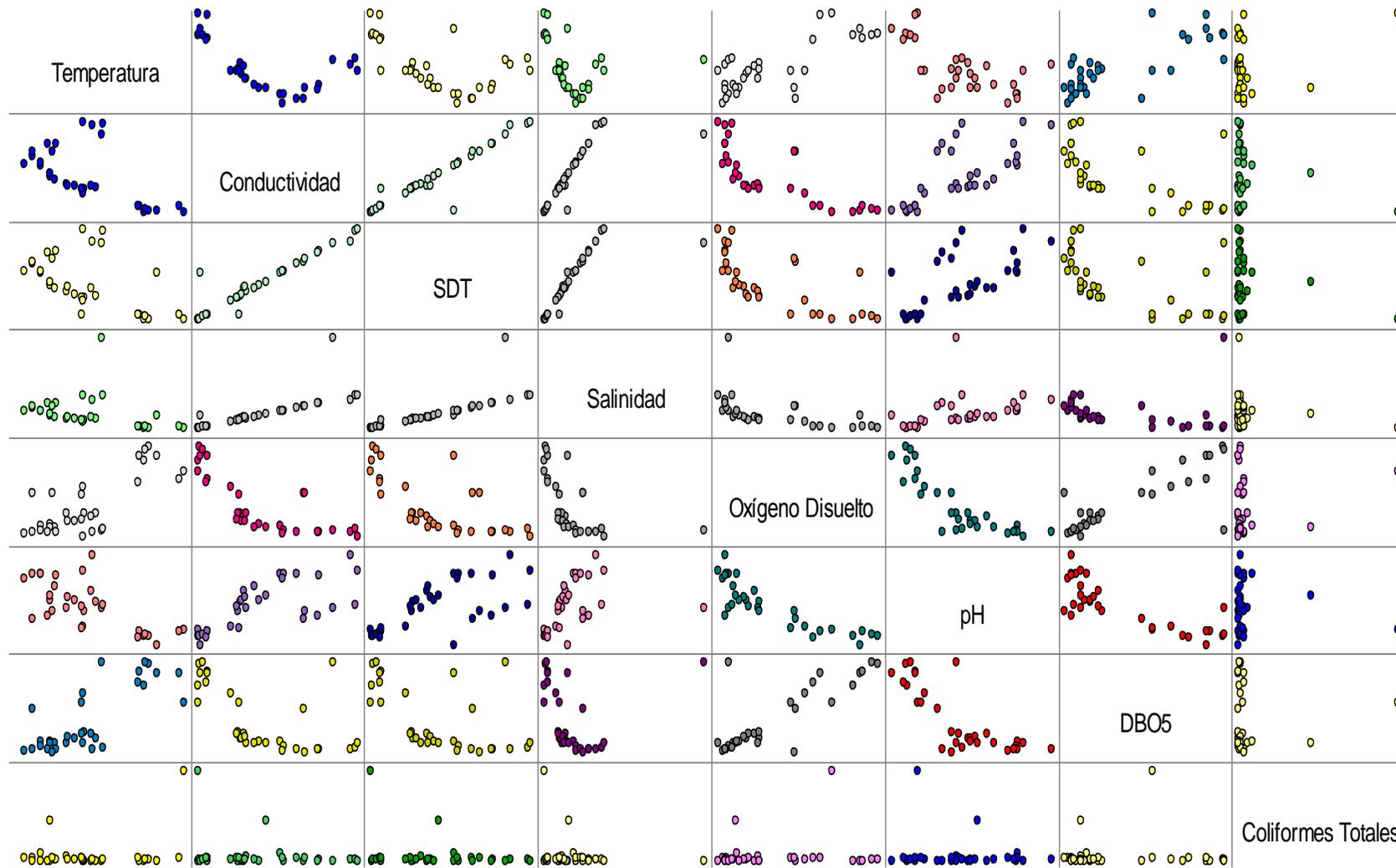


Figura 50. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en abril.

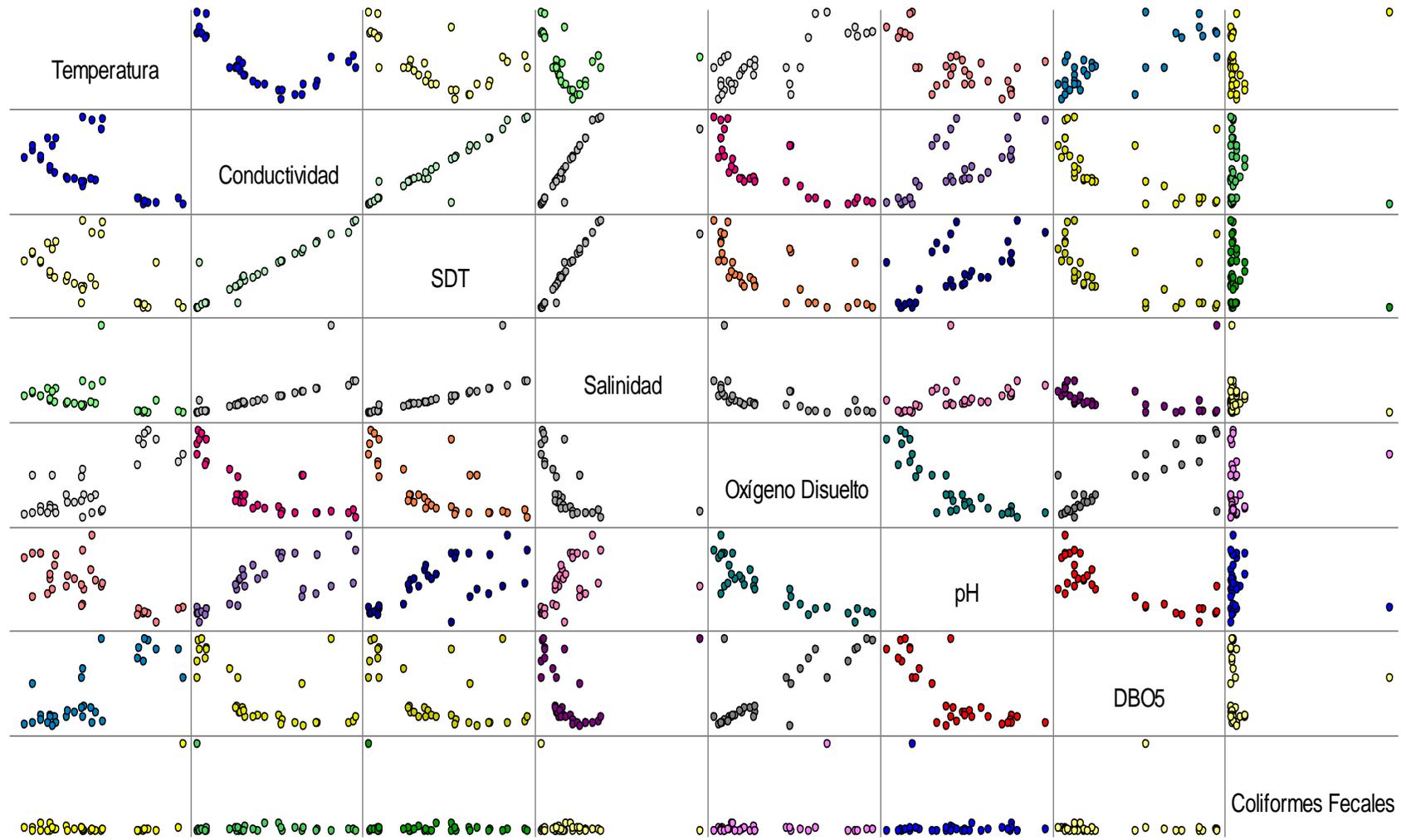


Figura 51. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en abril.

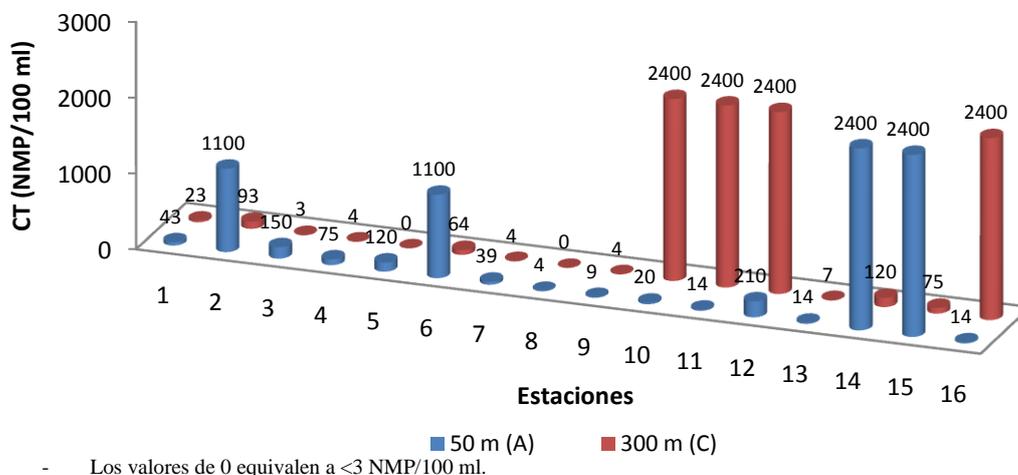
### 3.7 Condiciones ambientales del agua en mayo.

En el anexo 7 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.7.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 590.3 NMP/100 ml y su desviación estándar de 958.64.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 482 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 829.21, el valor mínimo fue de 4 NMP/100 ml en la estación 8A y el máximo de 2400 NMP/100 ml en las estaciones 14A y 15A. A 300 m el promedio de los coliformes totales fue de 625.19 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 1058.92, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 5B y 8B y el máximo fue de 2400 NMP/100 ml en las estaciones 10C, 11B, 12B, y 16B (Figura 52).

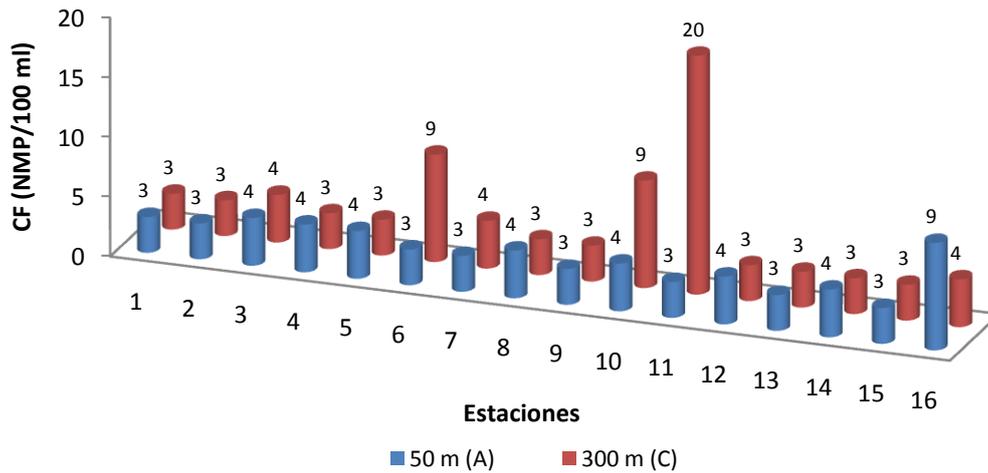


**Figura 52.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en mayo.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 4.4 NMP/100 ml y su desviación estándar de 3.32.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue 3.81 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 1.47, el valor mínimo fue de <3 NMP/100

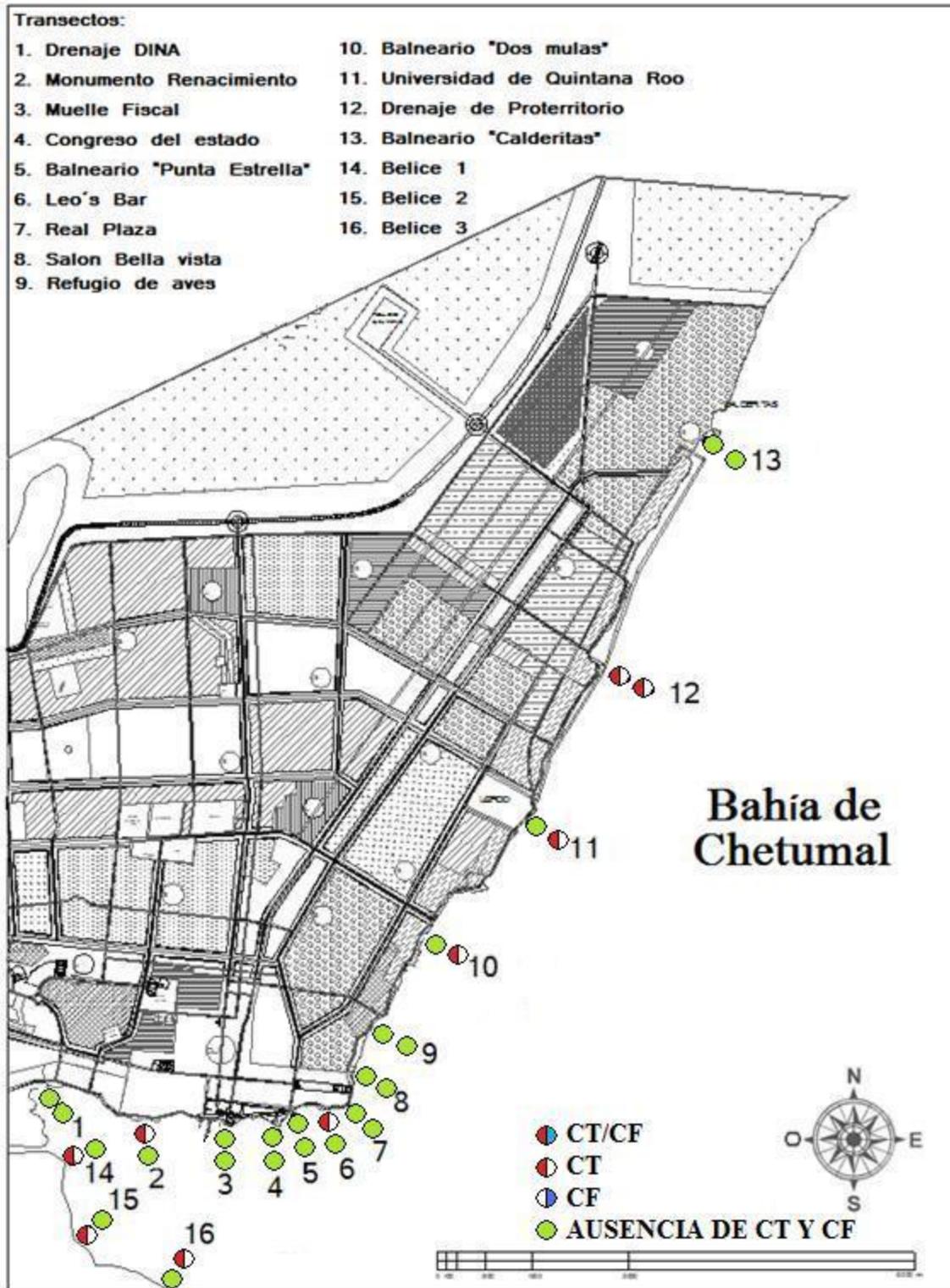
ml en las estaciones 1A, 2A, 6A, 7A, 9A, 11A, 13A y 15A y el máximo de 9 NMP/100 ml en la estación 16A. A 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 5.06 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 4.45, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 1B, 2B, 4B, 5B, 8B, 9C, 12B, 13B y 15B y el máximo de 20 NMP/100 ml en la estación 11B (Figura 53).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 53.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en mayo.

La figura 54 se presenta para poder visualizar las estaciones donde se presentaron coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, el cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



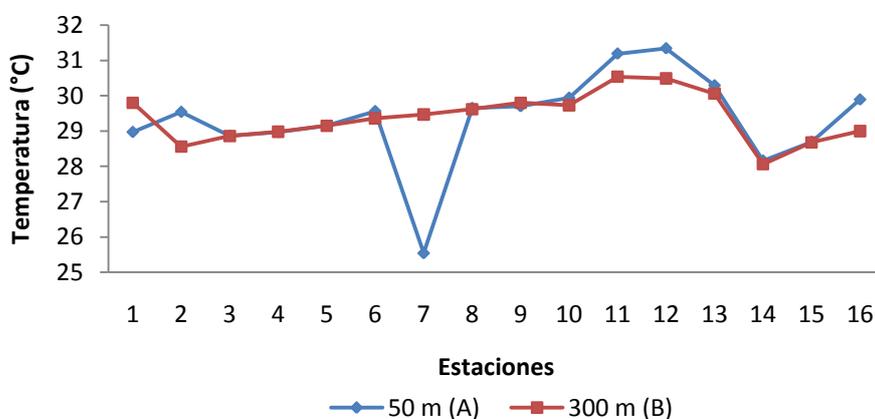
**Figura 54.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en mayo.

### 3.7.2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante el mes de mayo el promedio de la temperatura fue de 29.6 °C y su desviación estándar de 1.04.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 29.34 °C, con una desviación estándar de 1.32, la temperatura mínima fue de 25.54 °C en la estación 7A y el máximo de 31.34 °C en la estación 12A. A 300 m la temperatura promedio fue de 29.39 °C, con una desviación estándar de 0.69, la temperatura mínima fue de 28.06 °C en la estación 14B y el máximo de 30.54 °C en la estación 11B (Figura 55).

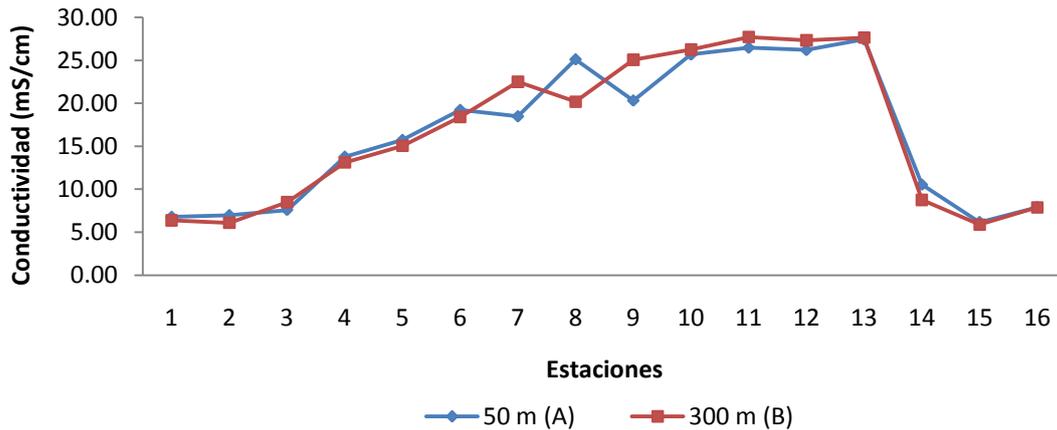


**Figura 55:** Valores de temperatura por estación en mayo.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 16.6 mS/cm y su desviación estándar de 8.25.

A 50 m de la línea de costa la conductividad promedio fue de 16.52 mS/cm, con una desviación estándar de 8.11, el valor mínimo de conductividad fue de 6.16 mS/cm en la estación 15A y el máximo de 27.43 mS/cm en la estación 13A. A 300 m la conductividad promedio fue de 16.67 mS/cm, con una desviación estándar de 8.66, el valor mínimo fue de 5.88 mS/cm en la estación 15B y el máximo de 27.71 mS/cm en la estación 11B (Figura 56).

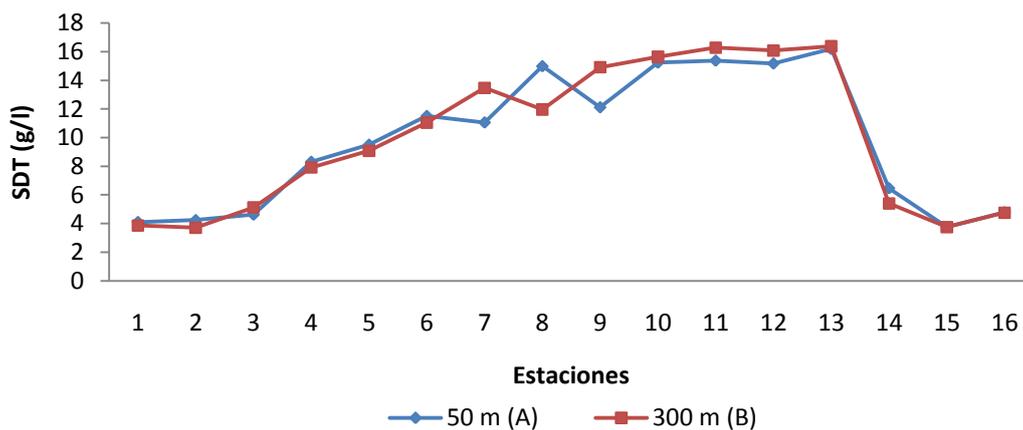


**Figura 56.** Valores de conductividad por estación en mayo.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.9 g/l y su desviación estándar de 4.81.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.84 g/l, con una desviación estándar de 4.71, el valor mínimo fue de 3.76 g/l en la estación 15A y el máximo de 16.19 g/l en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.96 g/l, con una desviación estándar de 5.06, el valor mínimo fue de 3.71 g/l en la estación 2B y el máximo de 16.38 g/l en la estación 13B (Figura 57).

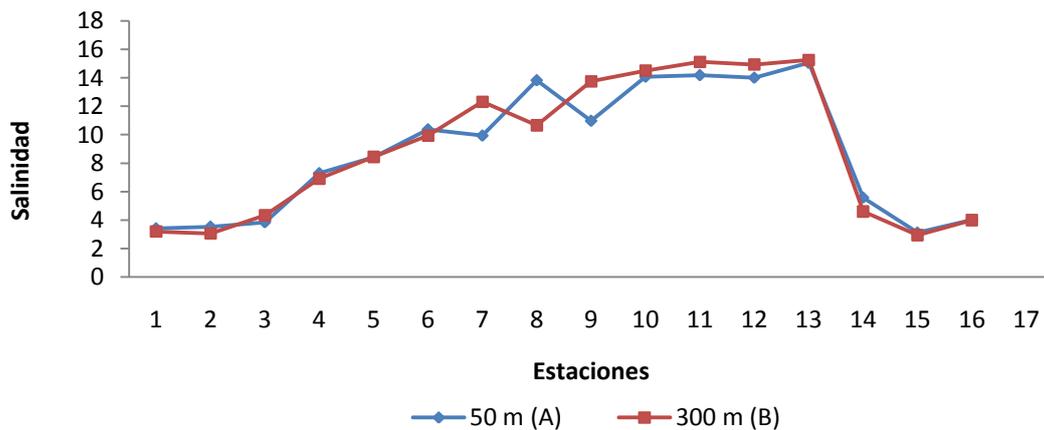


**Figura 57.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en mayo.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 8.93 y su desviación estándar de 4.62.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la salinidad fue de 8.86, con una desviación estándar de 4.52, el valor mínimo de la salinidad fue de 3.12 en la estación 15A y el máximo de 15.05 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 9, con una desviación estándar de 4.87, el valor mínimo de la salinidad fue de 2.95 en la estación 15B y el máximo de 15.25 en la estación 13B (Figura 58)

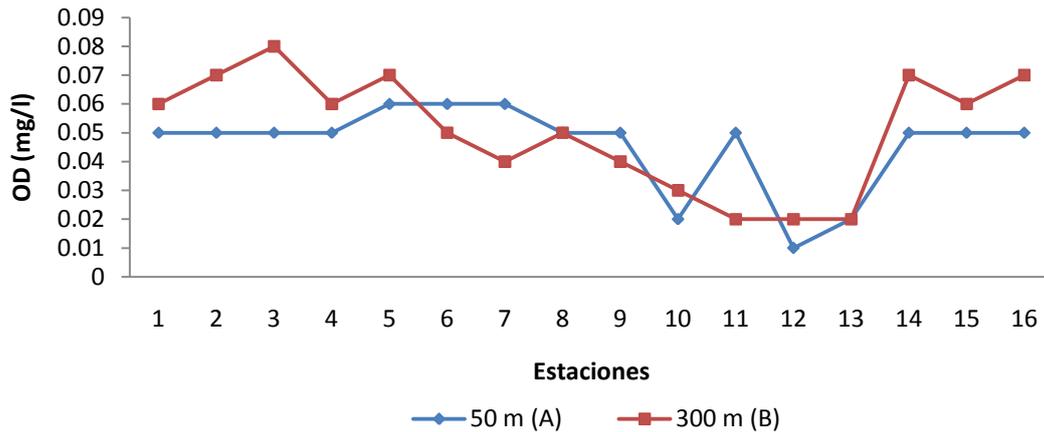


**Figura 58:** Valores de salinidad por estación en mayo.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 0.05 mg/l y su desviación estándar de 0.02.

A 50 m de la línea de costa el promedio del oxígeno disuelto fue de 0.05 mg/l, con una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 12A y el máximo de 0.06 mg/l en las estaciones 5A, 6A y 7A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 0.05 mg/l, con una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.02 mg/l en las estaciones 11B, 12B y 13B y el máximo de 0.08 mg/l, en la estación 3B (Figura 59).

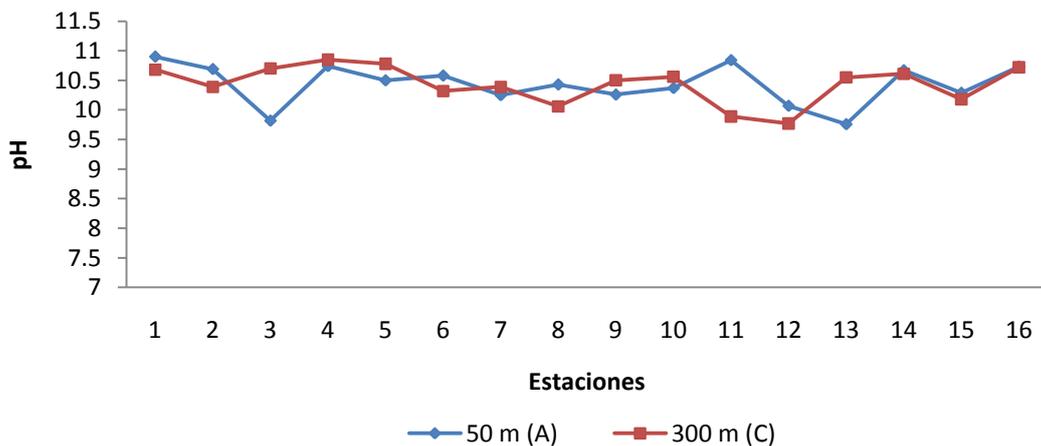


**Figura 59.** Valores de oxígeno disuelto por estación en mayo.

#### f) pH

El valor promedio de pH fue de 10.43 y su desviación estándar de 0.33.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del pH fue de 10.43, con una desviación estándar de 0.34, el valor mínimo fue de 9.76 en la estación 13A y el máximo de 10.9 en la estación 1A. A 300 m el promedio de pH fue de 10.43, con una desviación estándar de 0.32, el valor mínimo fue de 9.77 en la estación 12B y el máximo de 10.85 en la estación 4B (Figura 60).

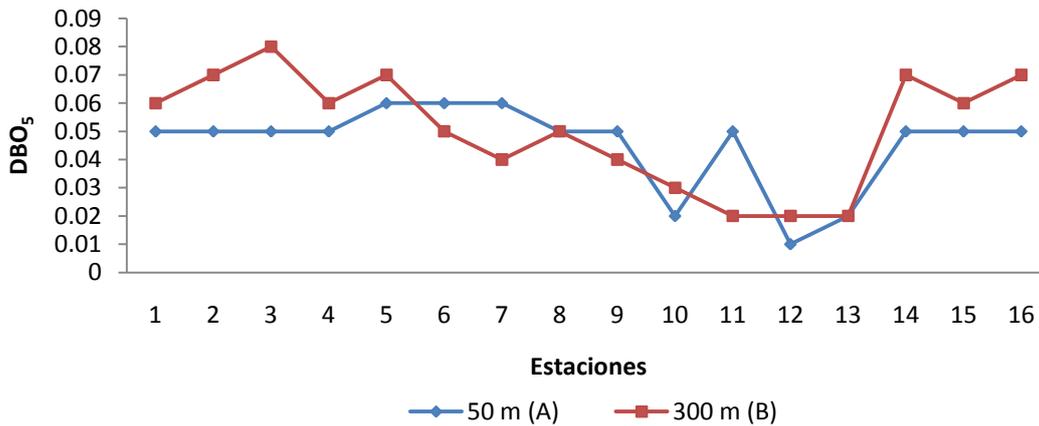


**Figura 60.** Valores de pH por estación en mayo.

#### g) DBO<sub>5</sub>

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.05 mg/l y su desviación estándar de 0.02.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.05 mg/l, con una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 12A y el máximo de 0.06 mg/l en las estaciones 5A, 6A y 7A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.05 mg/l, con una desviación estándar de 0.02, el valor mínimo fue de 0.02 mg/l en las estaciones 11B, 12B y 13B y el máximo de 0.08 mg/l, en la estación 3B (Figura 61).



**Figura 61.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en mayo.

### 3.7. 3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos

A 50 y 300 m de la línea de costa no se presentó relación significativa con ningún parámetro (Tabla 9).

**Tabla 9.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en mayo.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.4	0.07
Conductividad	0.07	0.16
SDT	0.07	0.16
Salinidad	0.08	0.16
OD	0.46	0.08
pH	0.63	0.15
DBO <sub>5</sub>	0.46	0.08

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron una relación muy fuerte con el oxígeno disuelto (0.97) y la DBO<sub>5</sub> (0.97). A 300 m no se presentó correlación con ninguno de los parámetros (Tabla 10).

**Tabla 10.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en mayo.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.61	0.1
Conductividad	0.37	0.12
SDT	0.37	0.12
Salinidad	0.37	0.12
OD	0.97	0.09
pH	0.5	0.13
DBO <sub>5</sub>	0.97	0.09

Para el mes de mayo los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una diagonal recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas, el oxígeno disuelto y la DBO<sub>5</sub> presentaron una diagonal perfecta (Figuras 62 y 63).

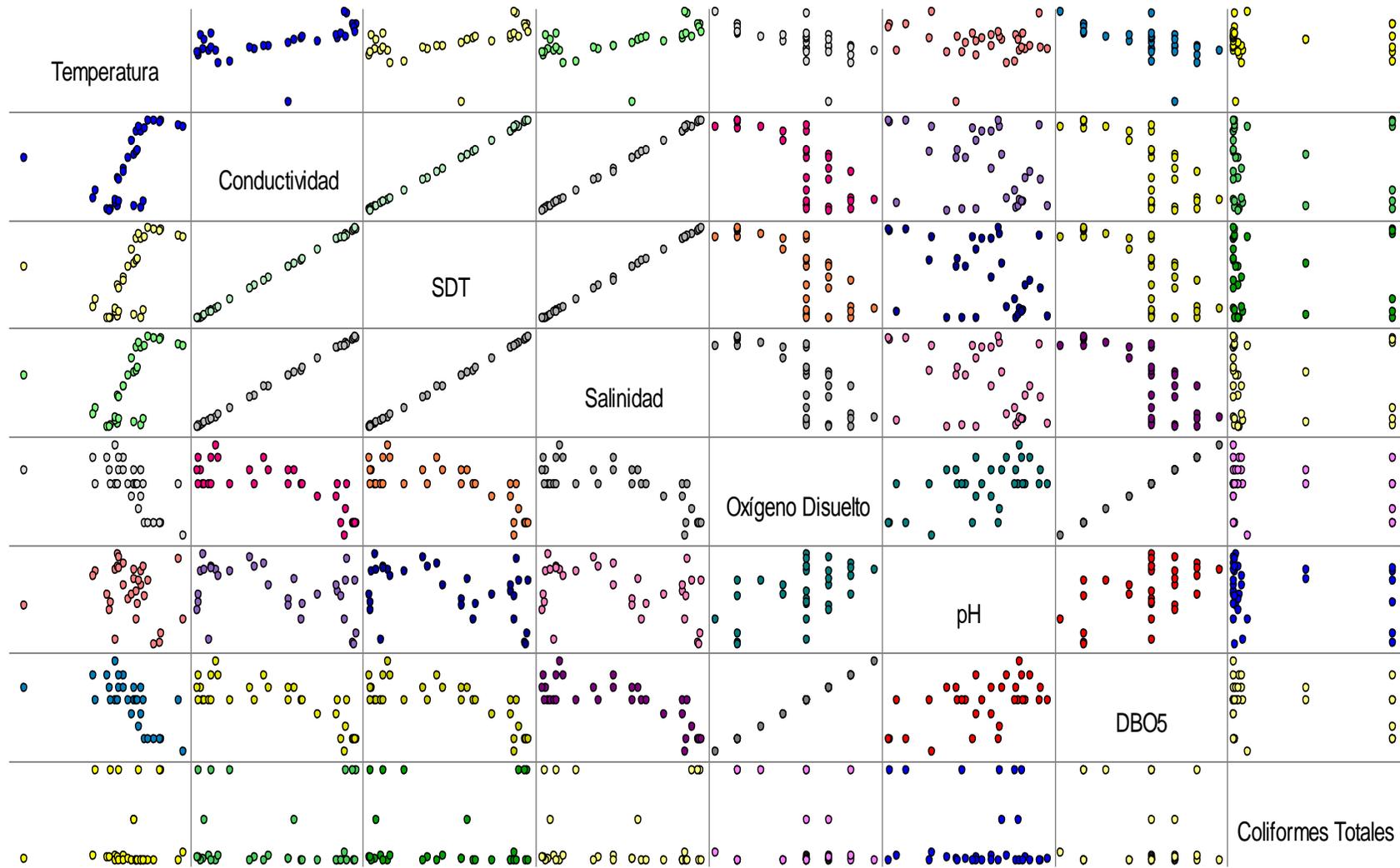


Figura 62. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en mayo.

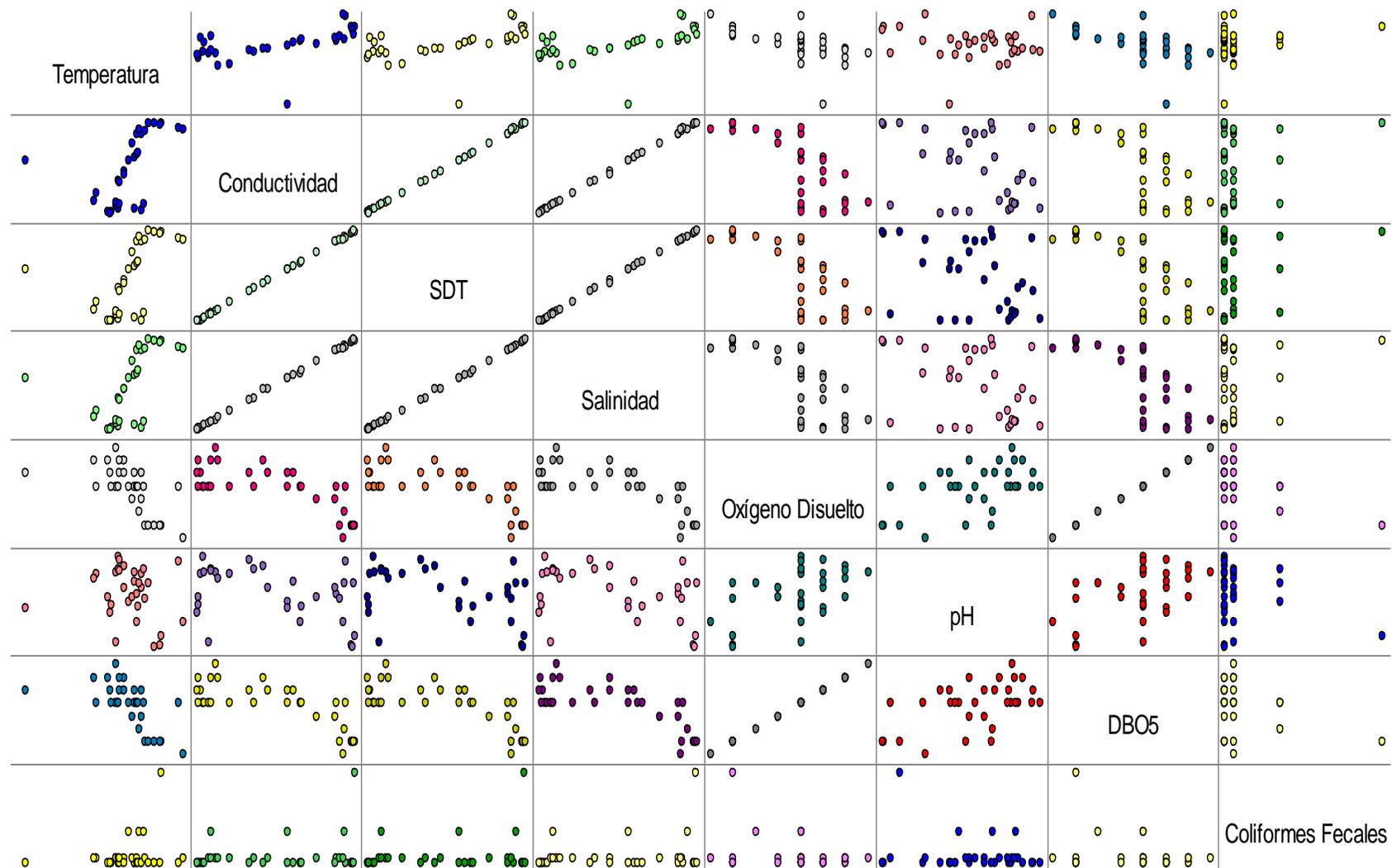


Figura 63. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en mayo.

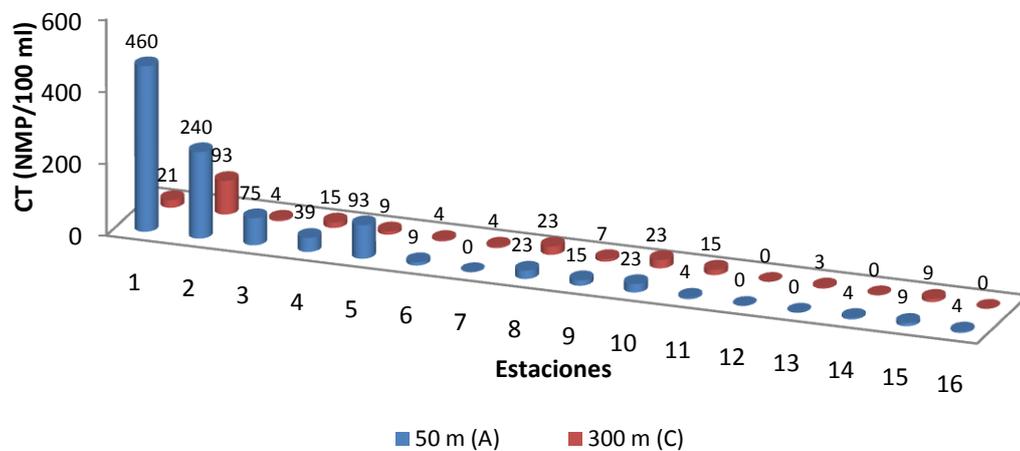
### 3.8. Condiciones ambientales del agua en julio.

En el anexo 8 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.8.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 38.94 NMP/100 ml y su desviación estándar de 89.6.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 62.94 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 121.97, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 7A, 12A y 13A y el máximo fue de 460 NMP/100 ml en la estación 1A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 14.94 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 22.01, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 en las estaciones 12B, 14B y 16B y el máximo de 93 NMP/100 ml, en la estación 2B (Figura 64).



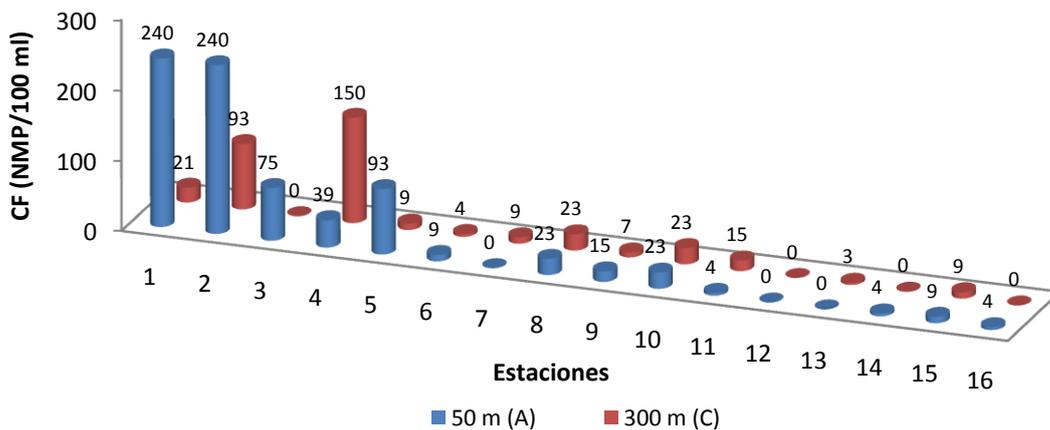
- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 64.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en los puntos muestreados en julio.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 36.41 NMP/100 ml y su desviación estándar de 63.07.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 49.19 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 79.08, el valor mínimo fue de <3

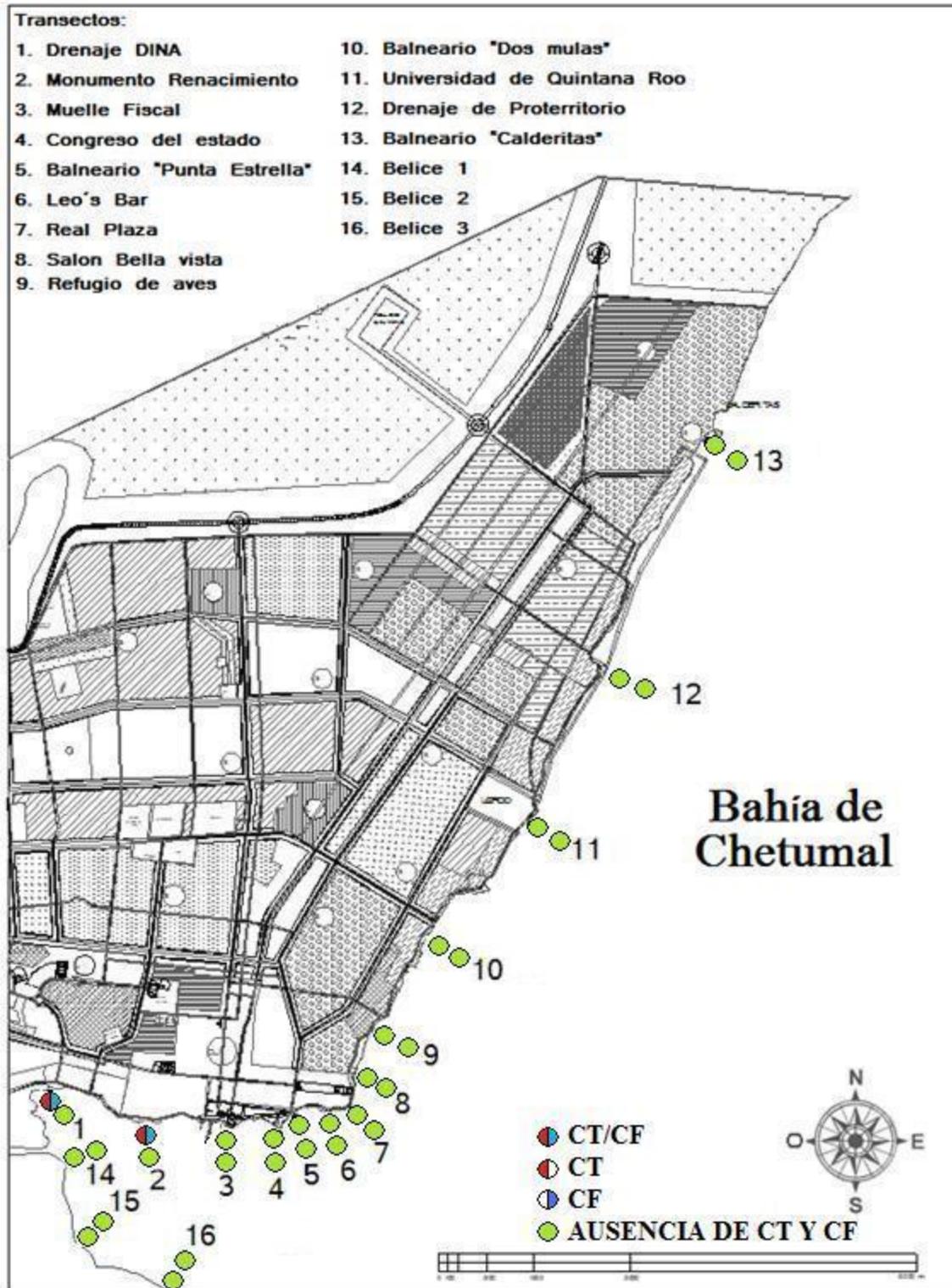
NMP/100 ml en las estaciones 7A, 12A y 13A y el máximo fue de 240 NMP/100 ml en las estaciones 1A y 2A. A 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 23.63 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 40.25 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 en las estaciones 3B, 12B, 14B y 16B y el máximo de 150 NMP/100 ml en la estación 4B (Figura 65).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 65.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en julio.

La figura 66 se presenta para poder visualizar las estaciones donde se excedieron los coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



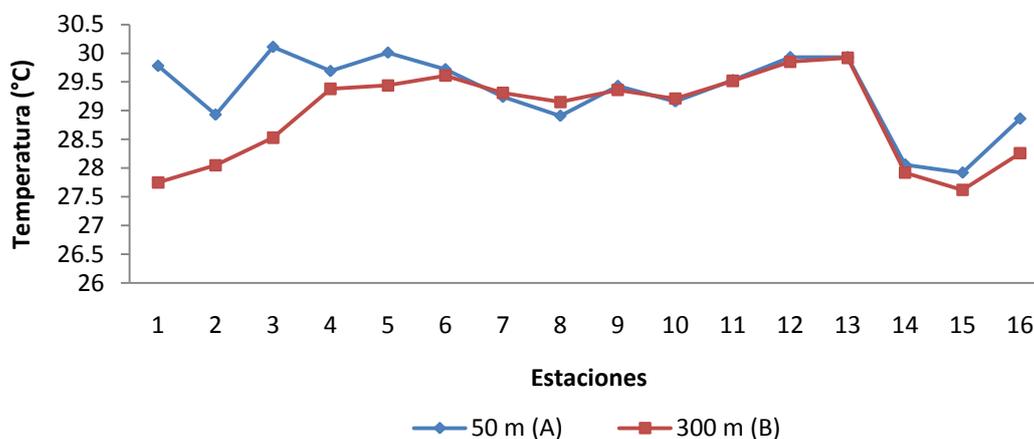
**Figura 66.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en julio.

### 3.8.2. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante el mes de julio el promedio de la temperatura fue de 29.13 °C y su desviación estándar de 0.74.

El promedio de la temperatura a 50 m de la línea de costa fue de 29.33 °C, con una desviación estándar de 0.66, la temperatura mínima fue de 27.92 °C en la estación 15A y el máximo de 30.11 °C en la estación 3A. A 300 m el valor promedio de la temperatura fue de 28.93 °C, con una desviación estándar de 0.78, la temperatura mínima fue de 27.62 °C en la estación 15B y el máximo de 29.92 °C en la estación 13B (Figura 67).

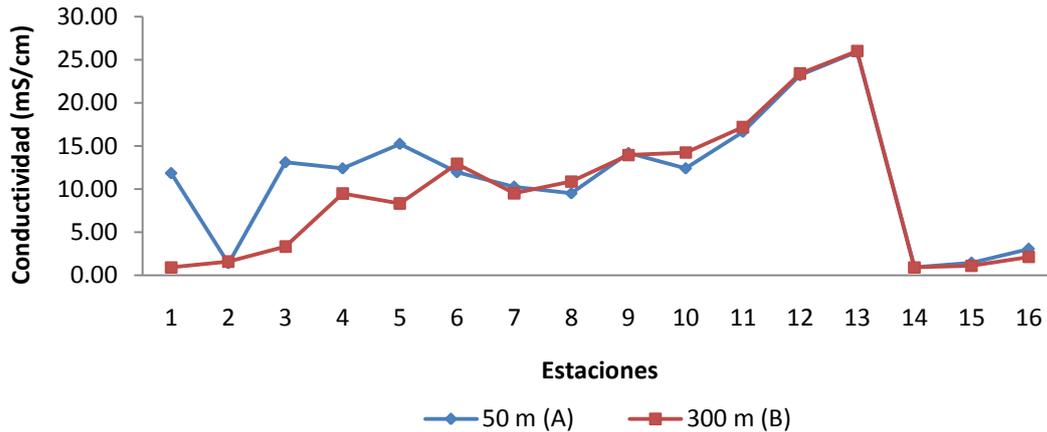


**Figura 67.** Valores de temperatura por estación en julio.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 10.61 mS/cm y su desviación estándar de 7.54.

A 50 m de la línea de costa la conductividad promedio fue de 11.47 mS/cm, con una desviación estándar de 7.24, el valor mínimo de conductividad fue de 0.95 mS/cm en la estación 14A y el máximo de 25.9 mS/cm en la estación 13A. A 300 m la conductividad promedio fue de 9.75 mS/cm, con una desviación estándar de 7.97, el valor mínimo de conductividad fue de 0.93 mS/cm en las estaciones 1B y 14B y el máximo de 26.01 mS/cm en la estación 13B (Figura 68).

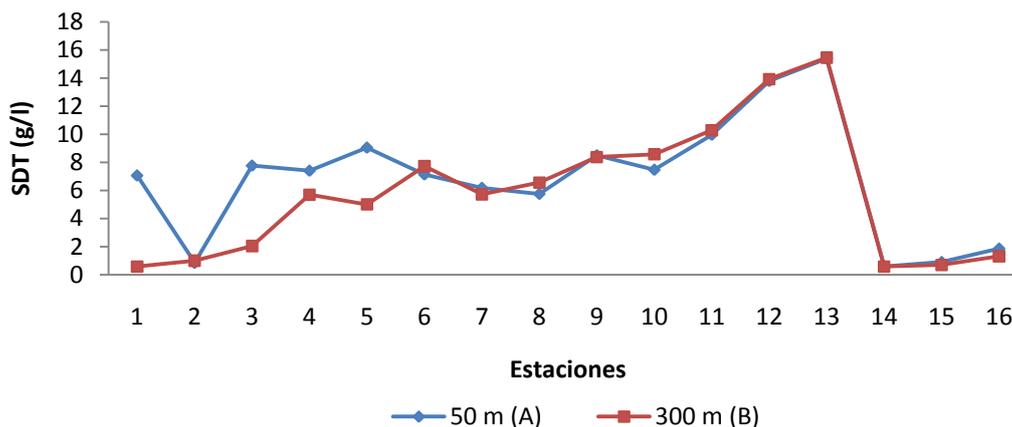


**Figura 68:** Valores de conductividad por estación en julio.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 6.34 g/l y su desviación estándar de 4.48.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 6.85 g/l, con una desviación estándar de 4.3, el valor mínimo fue de 0.59 g/l en la estación 14A y el máximo de 15.38 g/l en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 5.84 g/l, con una desviación estándar de 4.74, el valor mínimo fue de 0.57 g/l en la estación 1B y el máximo de 15.45g/l en la estación 13B (Figura 69)

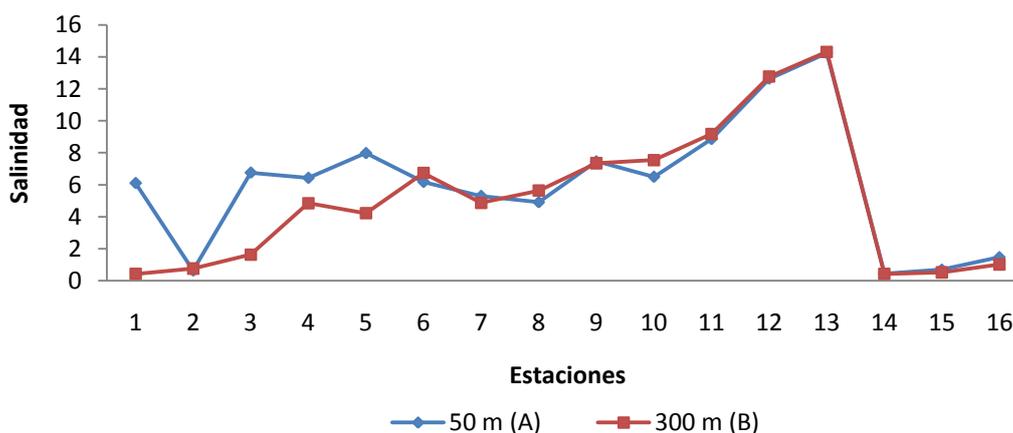


**Figura 69.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en julio.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 5.59 y su desviación estándar de 4.14.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la salinidad fue de 6.04, con una desviación estándar de 3.98, el valor mínimo fue de 0.44 en la estación 14A y el máximo de 14.24 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 5.14, con una desviación estándar de 4.38, el valor mínimo fue de 0.43 en la estación 14B y el máximo de 14.31 en la estación 13B (Figura 70).

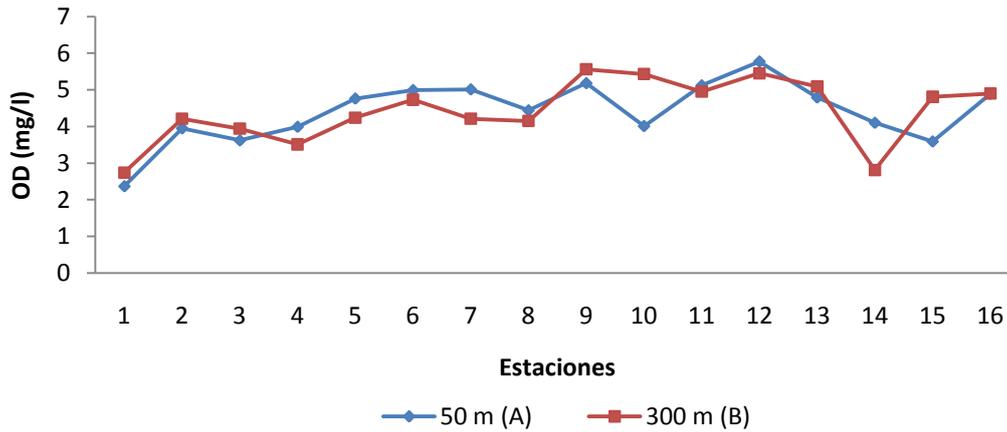


**Figura 70:** Valores de salinidad por estación en julio.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 4.42 mg/l y su desviación estándar de 0.83.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 4.41 mg/l, con una desviación estándar de 0.83, el valor mínimo fue de 2.37 mg/l en la estación 1A y el máximo de 5.77 mg/l en la estación 12A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 4.42 mg/l, con una desviación estándar de 0.87, el valor mínimo fue de 2.74 mg/l en la estación 1B y el máximo de 5.56 mg/l en la estación 9C (Figura 71).

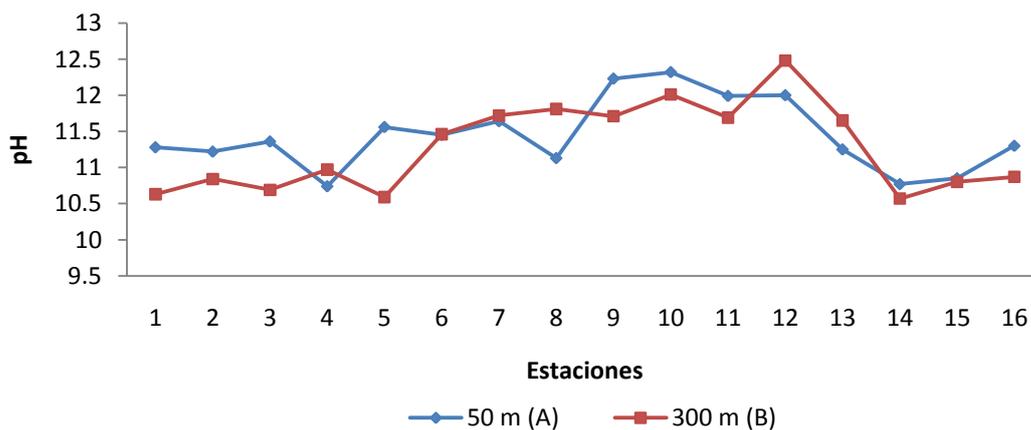


**Figura 71.** Valores de oxígeno disuelto por estación en julio.

#### f) pH

El valor promedio de pH fue de 11.36 y su desviación estándar de 0.55.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del pH fue de 11.44, con una desviación estándar de 0.49, el pH mínimo fue de 10.74 en la estación 4A y el máximo de 12.32 en la estación 10A. A 300 m el valor promedio de pH fue de 11.28, con una desviación estándar de 0.06, el valor mínimo fue de 10.57 en la estación 14B y el máximo de 12.48 en la estación 12B (Figura 72).

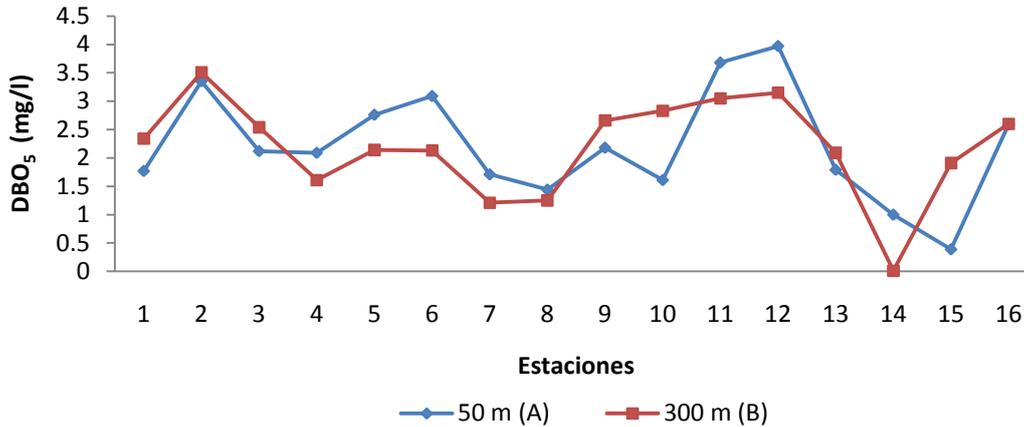


**Figura 72:** Valores de pH por estación en julio.

#### g) DBO<sub>5</sub>

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 2.21 mg/l y su desviación estándar de 0.91.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 2.22 mg/l, con una desviación estándar de 0.97, el valor mínimo de la DBO<sub>5</sub> fue de 0.39 mg/l en la estación 15A y el máximo de 3.97 mg/l en la estación 12A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 2.19 mg/l, con una desviación estándar de 0.87, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 14B y el máximo de 3.51 mg/l, en la estación 2B (Figura 73).



**Figura 73.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en julio.

### 3.8.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron relación con la variable DBO<sub>5</sub> (0.89). A 300 m presentaron relación con el pH (0.57) y el oxígeno disuelto (0.67) (Tabla 11).

**Tabla 11.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en julio.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.48	0.24
Conductividad	0.62	0.29
SDT	0.61	0.29
Salinidad	0.6	0.3
OD	1.80E-03	0.67
pH	0.59	0.57
DBO <sub>5</sub>	0.89	0.12

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales tuvieron correlación media con la temperatura (0.55), el pH (0.54) y la DBO<sub>5</sub> (0.6). A 300 m de la línea de costa tuvieron

correlación media con la salinidad (0.54), la conductividad (0.55) y los SDT (0.56), correlación considerable con la DBO<sub>5</sub> (0.81) y la temperatura (0.89) (Tabla 12).

**Tabla 12.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en julio.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.55	0.89
Conductividad	0.42	0.55
SDT	0.41	0.56
Salinidad	0.4	0.54
OD	0.01	0.26
pH	0.54	0.48
DBO <sub>5</sub>	0.6	0.81

Para el mes de julio los coliformes totales y fecales no presentaron relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. La conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad presentaron una relación muy fuerte entre ellas (Figuras 74 y 75).

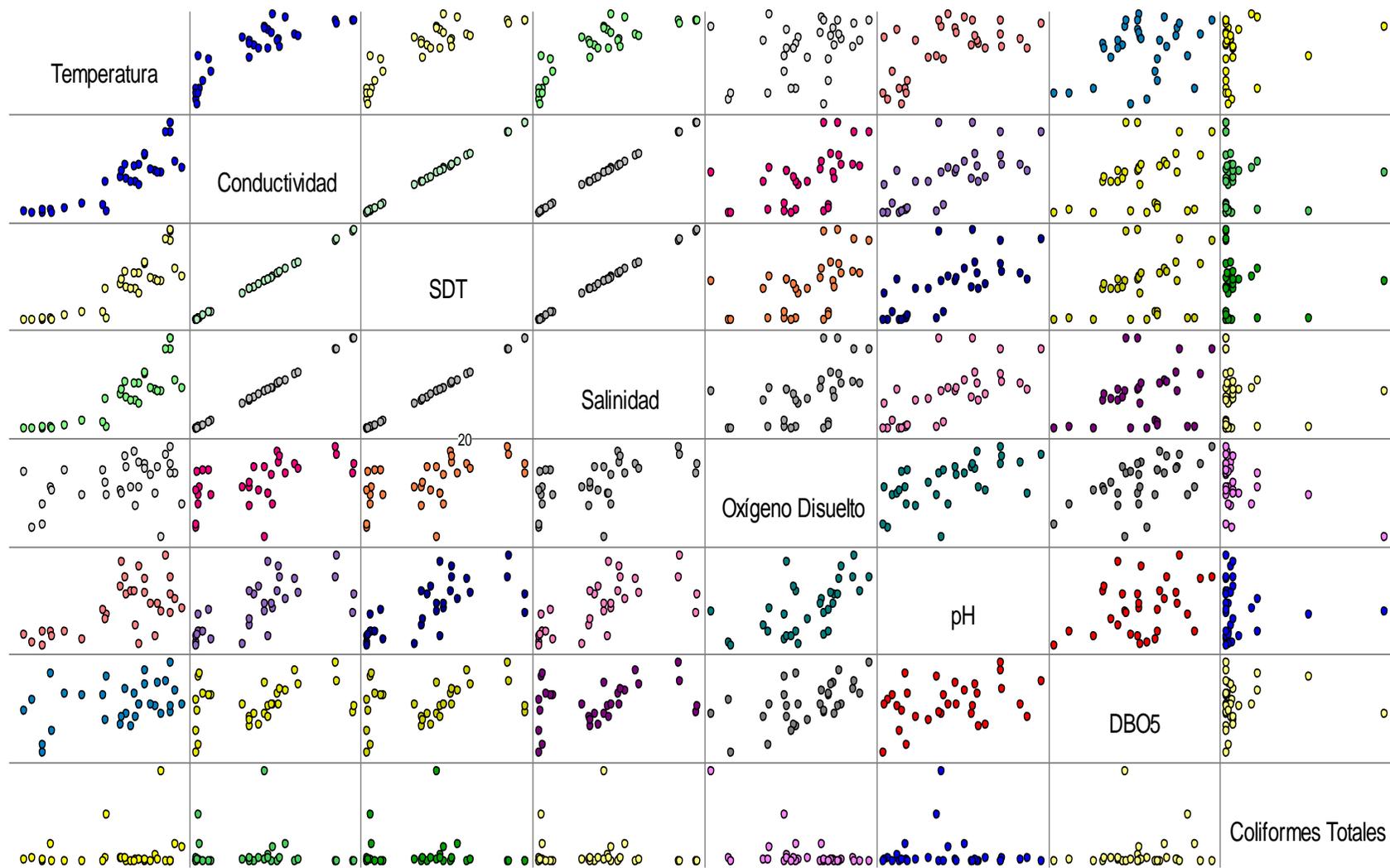


Figura 74. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en julio.

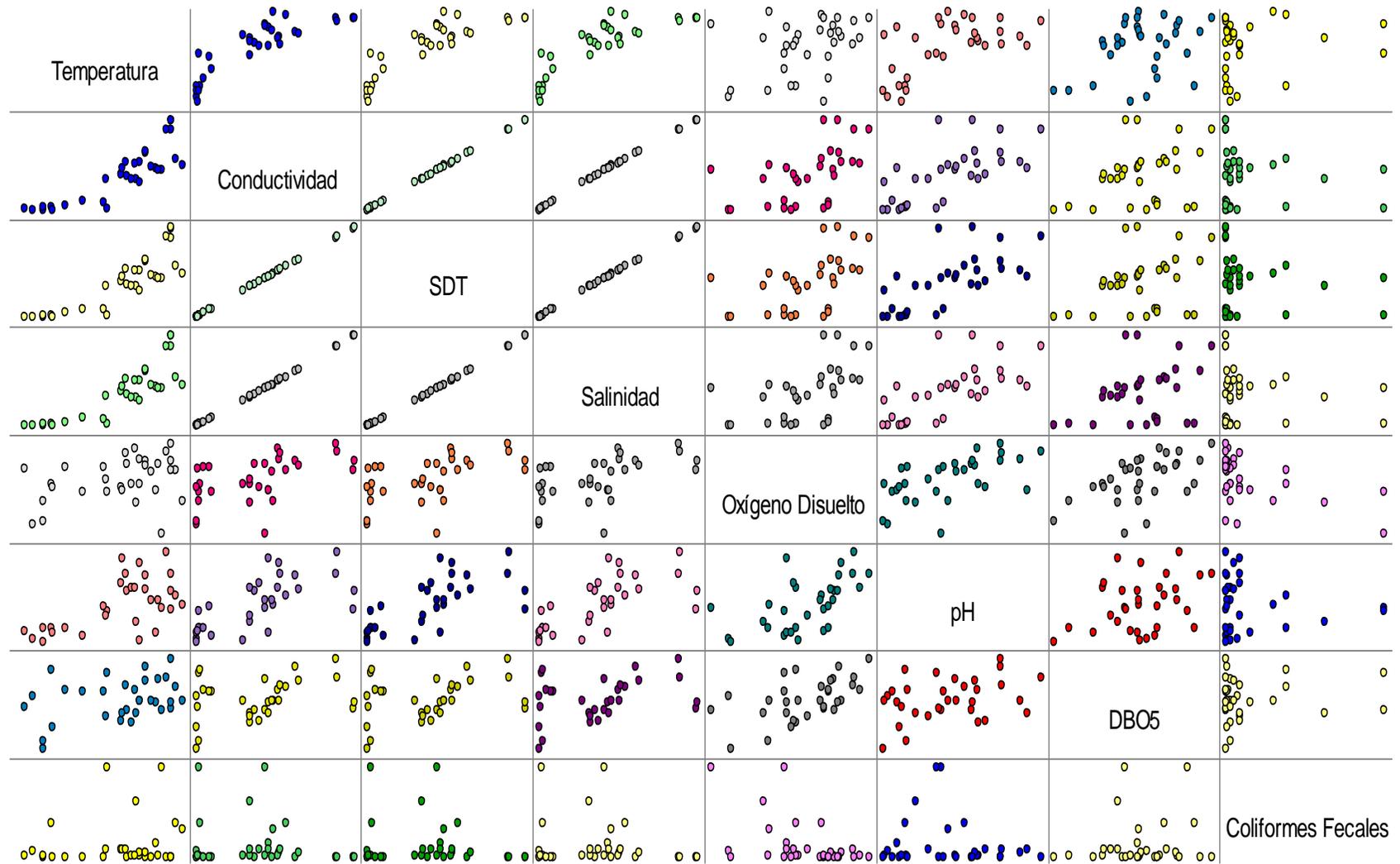


Figura 75. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en julio.

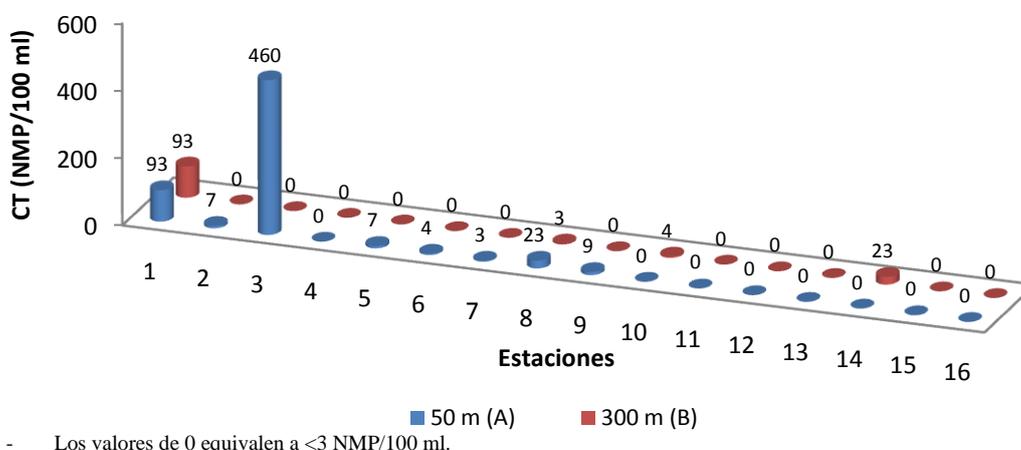
### 3.9. Condiciones ambientales del agua en agosto

En el anexo 9 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.9.1. Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 24.66 NMP/100 ml y su desviación estándar de 82.48.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 39.38 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 114.38, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 4A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A y 16A y el máximo de 460 NMP/100 ml en la estación 3A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de <9.94 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 22.7, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 9B, 11B, 12B, 13B, 15B y 16B y el máximo de 93 NMP/100 ml en la estación 1B (Figura 76).

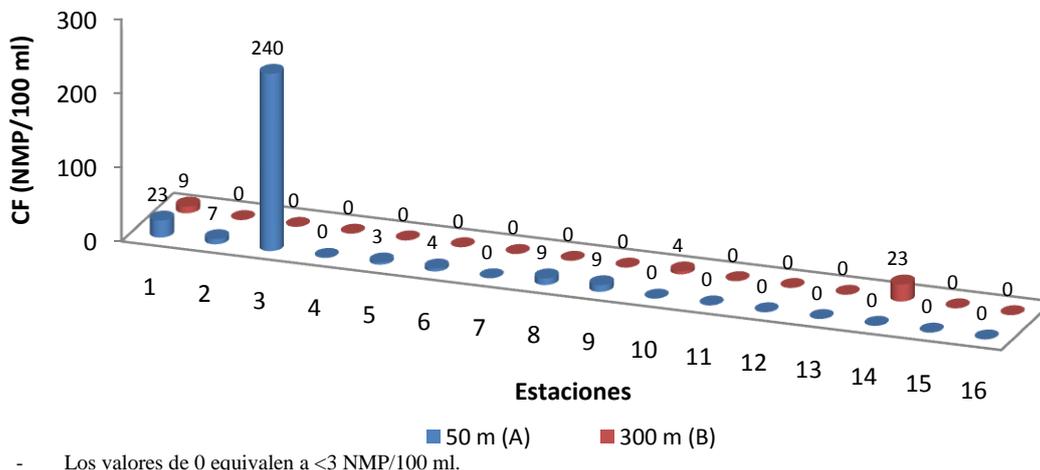


**Figura 76.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en agosto.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 12.41 NMP/100 ml y su desviación estándar de 41.84.

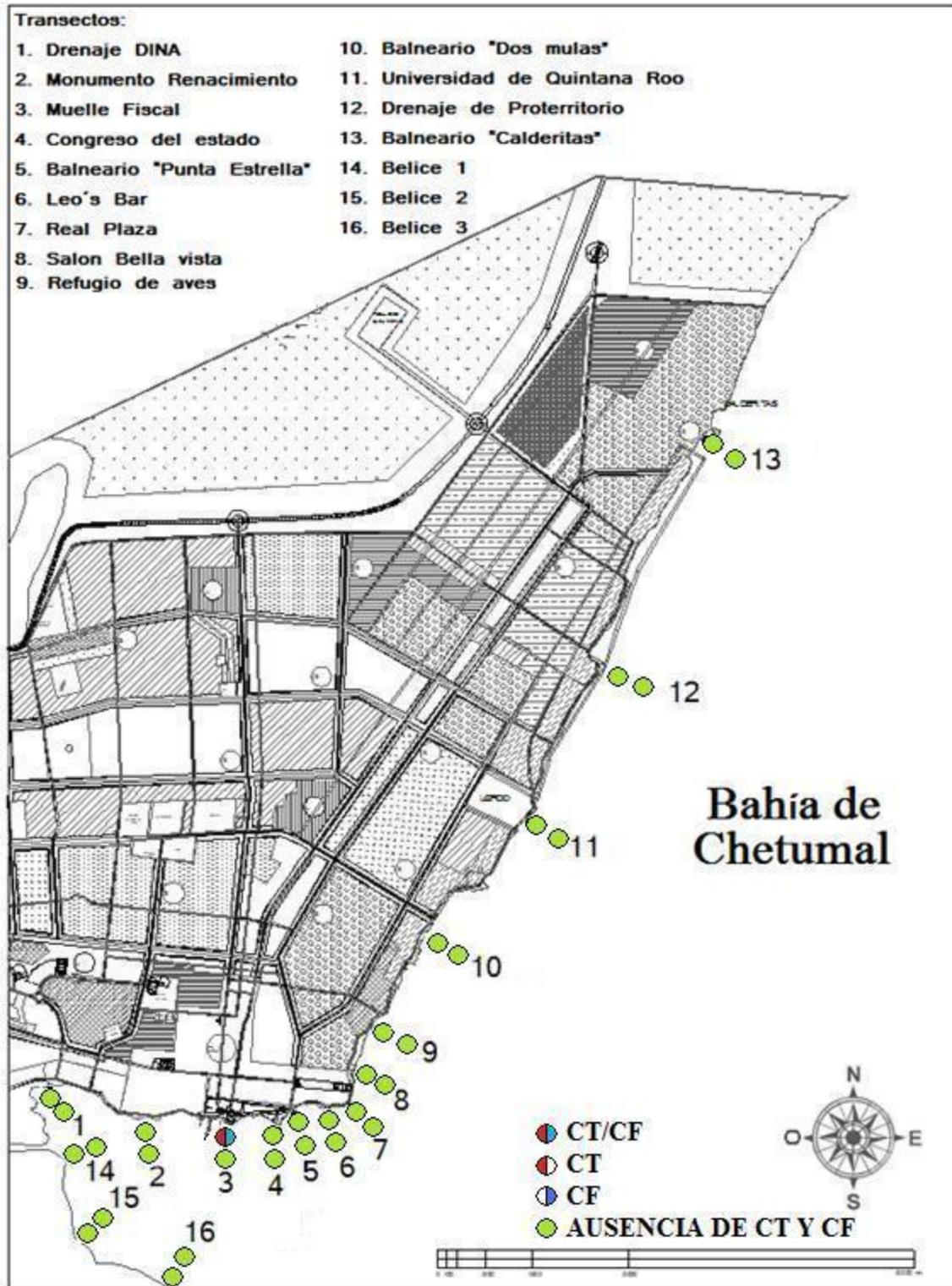
A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales 20.13 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 58.86, el valor mínimo fue de 3 NMP/100 ml en las estaciones 4A, 7A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A y 16A y el máximo de 240

NMP/100 ml en la estación 3A. A 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 4.69 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 5.11, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en la estaciones 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B y el máximo de 23 NMP/100 ml en la estación 14B (Figura 77).



**Figura 77.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en agosto.

La figura 78 se presenta para poder visualizar las estaciones donde se excedieron los coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



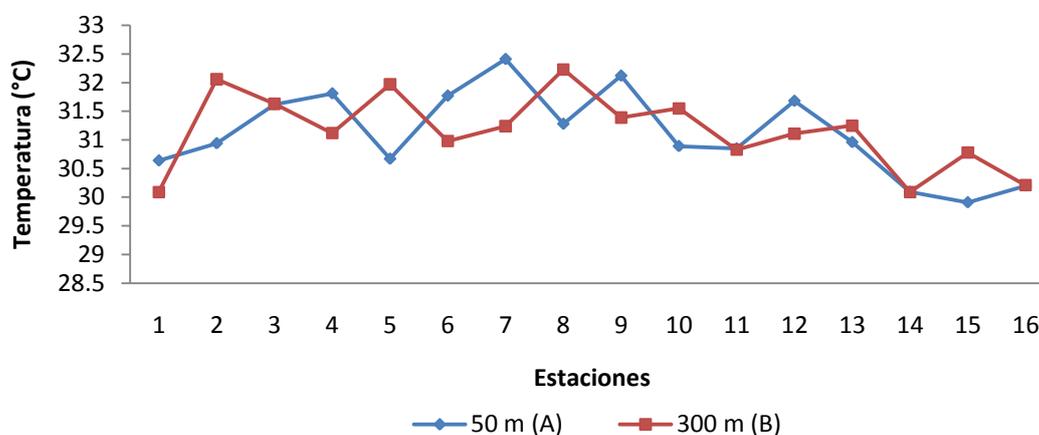
**Figura 78.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en agosto.

### 3.9.2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante el mes de agosto la temperatura promedio fue de 31.14 °C y su desviación estándar de 0.69.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la temperatura fue de 31.12 °C, con una desviación estándar de 0.74, el valor mínimo de temperatura fue de 29.91 °C en la estación 15A y el máximo de 32.41 °C en la estación 7A. A 300 el valor promedio de la temperatura fue de 31.16 °C, con una desviación estándar de 0.66, el valor mínimo fue de 30.09 °C en la estación 14B y el máximo de 32.23 °C en la estación 8B (Figura 79).

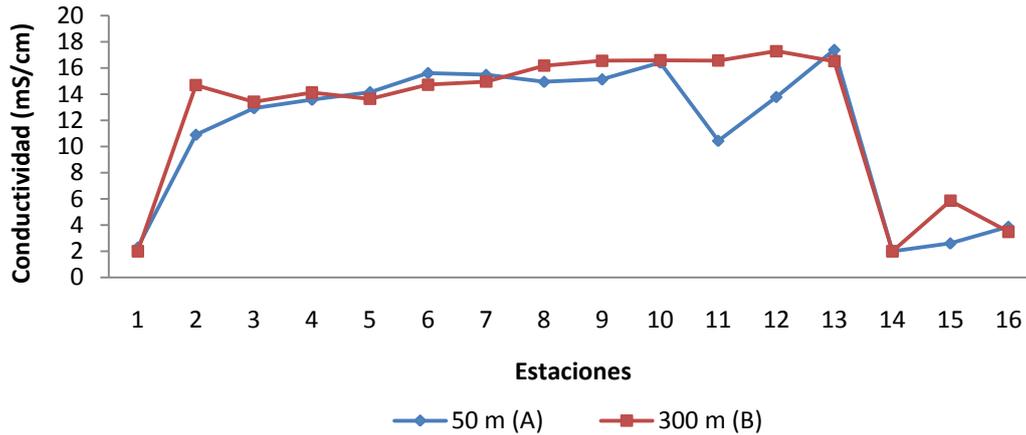


**Figura 79.** Valores de temperatura por estación en agosto.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 11.88 mS/cm y su desviación estándar de 5.47.

A 50 m de la línea de costa la conductividad promedio fue de 11.35 mS/cm, con una desviación estándar de 5.47, el valor mínimo fue de 2 mS/cm en la estación 14A y el máximo de 17.39 mS/cm en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de la conductividad fue de 12.41 mS/cm, con una desviación estándar de 5.59, el valor mínimo fue de 2 mS/cm en la estación 1B y 14B y el máximo de 17.29 mS/cm en la estación 12B (Figura 80).

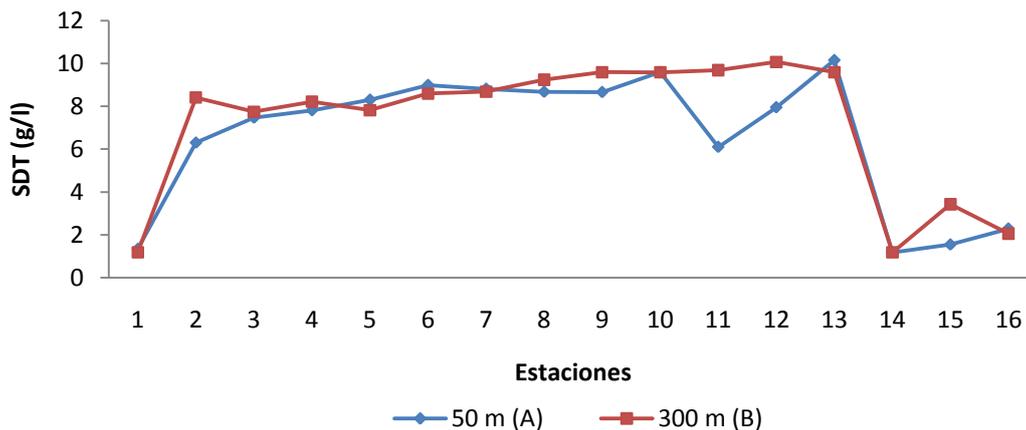


**Figura 80.** Valores de conductividad por estación en agosto.

### c) Sólidos disueltos Totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 6.88 g/l y su desviación estándar de 3.15.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 6.57 g/l, con una desviación estándar de 3.15, el valor mínimo fue de 1.18 g/l en la estación 14A y el máximo de 10.15 g/l en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 7.19 g/l, con una desviación estándar de 3.23, el valor mínimo fue de 1.18 g/l en las estaciones 1B y 14B y el máximo de 10.07 g/l en la estación 12B (Figura 81).

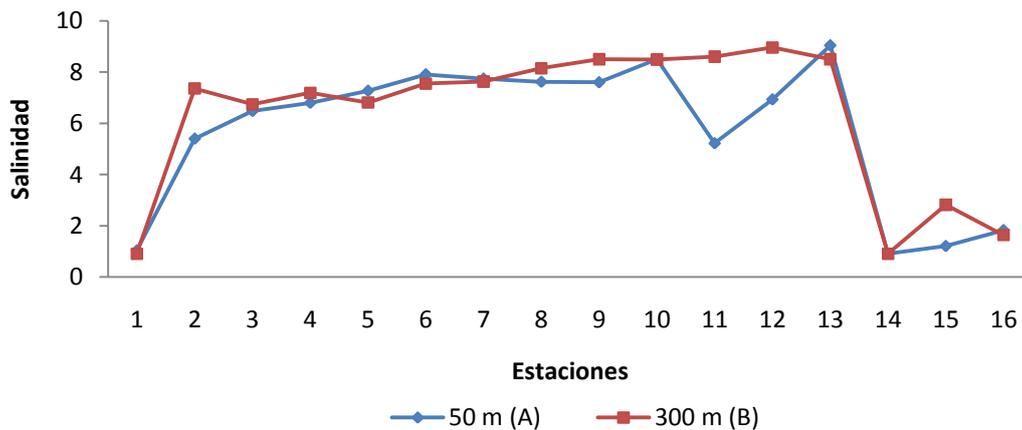


**Figura 81.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en agosto.

#### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 6.01 y su desviación estándar de 2.85.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la salinidad fue de 5.72, con una desviación estándar de 2.84, el valor mínimo de la salinidad fue de 0.91 en la estación 14A y el máximo de 9.04 en la estación 13A. A 300 m el valor promedio de fue de 6.3, con una desviación estándar de 2.92, el valor mínimo de fue de 0.91 en la estación 14B y el máximo de 8.96, en la estación 12B (Figura 82).

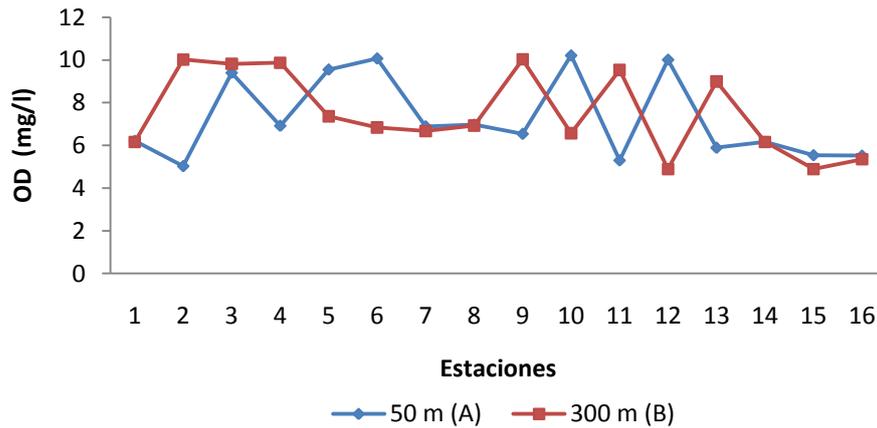


**Figura 82.** Valores de salinidad por estación en agosto.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 7.38 mg/l y su desviación estándar de 1.87.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 7.26 mg/l, con una desviación estándar de 1.89, el valor mínimo del oxígeno disuelto fue de 5.03 mg/l en la estación 2A y el máximo de 10.21 mg/l, en la estación 10A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 7.51 mg/l, con una desviación estándar de 1.9, el valor mínimo fue de 4.89 mg/l en las estaciones 12B y 15B y el máximo de 10.03 mg/l en la estación 9B (Figura 83).

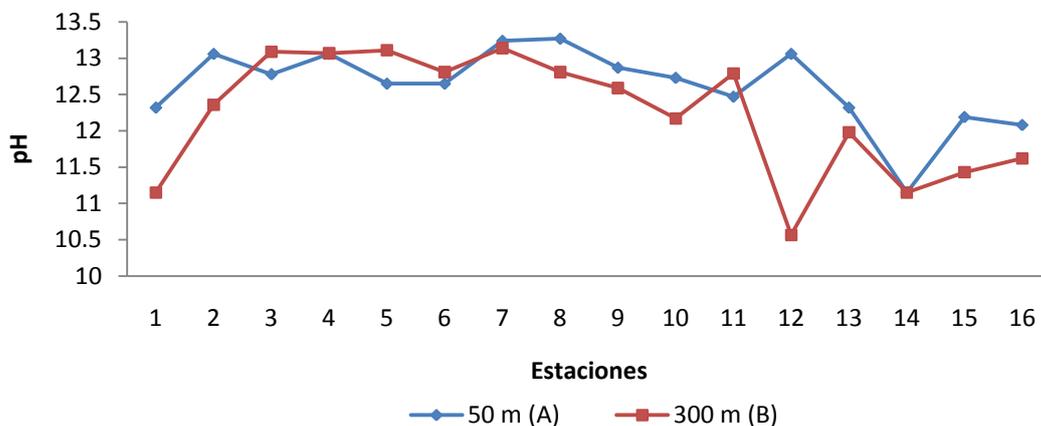


**Figura 83.** Valores de oxígeno disuelto por estación en agosto.

#### f) pH

El valor promedio del pH fue de 12.43 y su desviación estándar de 0.71.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del pH fue de 12.62, con una desviación estándar de 0.54, el valor mínimo fue de 11.15 en la estación 14A y el máximo de 13.27 en la estación 8A. A 300 m el promedio de pH fue de 12.24, con una desviación estándar de 0.83, el valor mínimo fue de 10.57 en la estación 12B y el máximo de 13.14 en la estación 7C (Figura 84).



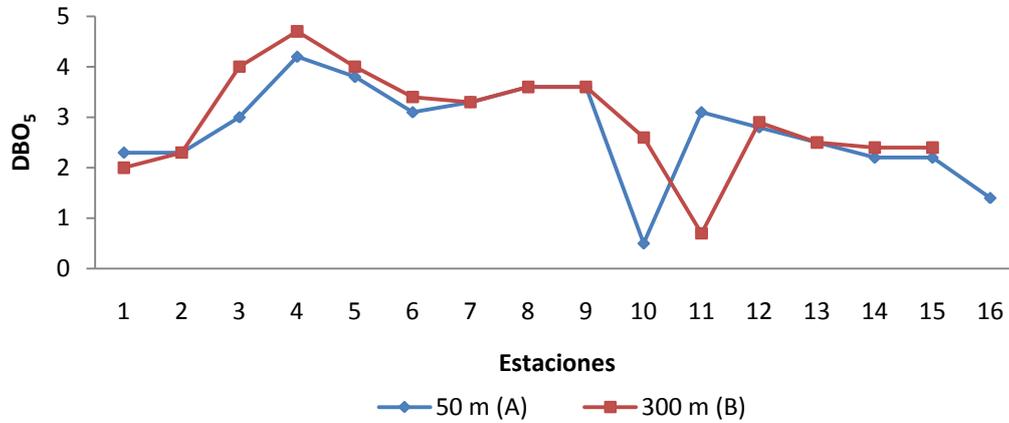
**Figura 84.** Valores de pH por estación en agosto.

#### g) DBO<sub>5</sub>

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 2.83 mg/l y su desviación estándar de 0.94.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue 2.74, con una desviación estándar de 0.94, el valor mínimo fue de 0.5 mg/l en la estación 10A y el máximo de 4.2

mg/l en la estación 4A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 2.93 mg/l, con una desviación estándar de 0.97, el valor mínimo fue de 0.7 mg/l en la estación 11B y el máximo de 4.7 mg/l en la estación 4B (Figura 85).



**Figura 85.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en agosto.

### 3.9.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron relación significativa con el pH (0.8), la DBO<sub>5</sub> (0.82), los valores más altos se presentaron con la conductividad (0.99) y la salinidad (0.99). A 300 m no presentaron relación con ninguna variable (Tabla 13).

**Tabla 13.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en agosto.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.57	0.04
Conductividad	0.99	0.01
SDT	1	0.01
Salinidad	0.99	0.02
OD	0.31	0.39
pH	0.8	0.1
DBO <sub>5</sub>	0.82	0.28

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron relación significativa con el pH (0.76), la DBO<sub>5</sub> (0.79), la conductividad (0.85), los SDT (0.86), el valor más alto

se presentó con la salinidad (0.87). A 300 m no presentaron relación significativa con ninguna variable (Tabla 14).

**Tabla 14.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en agosto.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.5	0.03
Conductividad	0.85	0.01
SDT	0.86	0.01
Salinidad	0.87	0.01
OD	0.29	0.36
pH	0.76	0.08
DBO <sub>5</sub>	0.79	0.41

Para el mes agosto los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una diagonal recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas (Figuras 86 y 87).

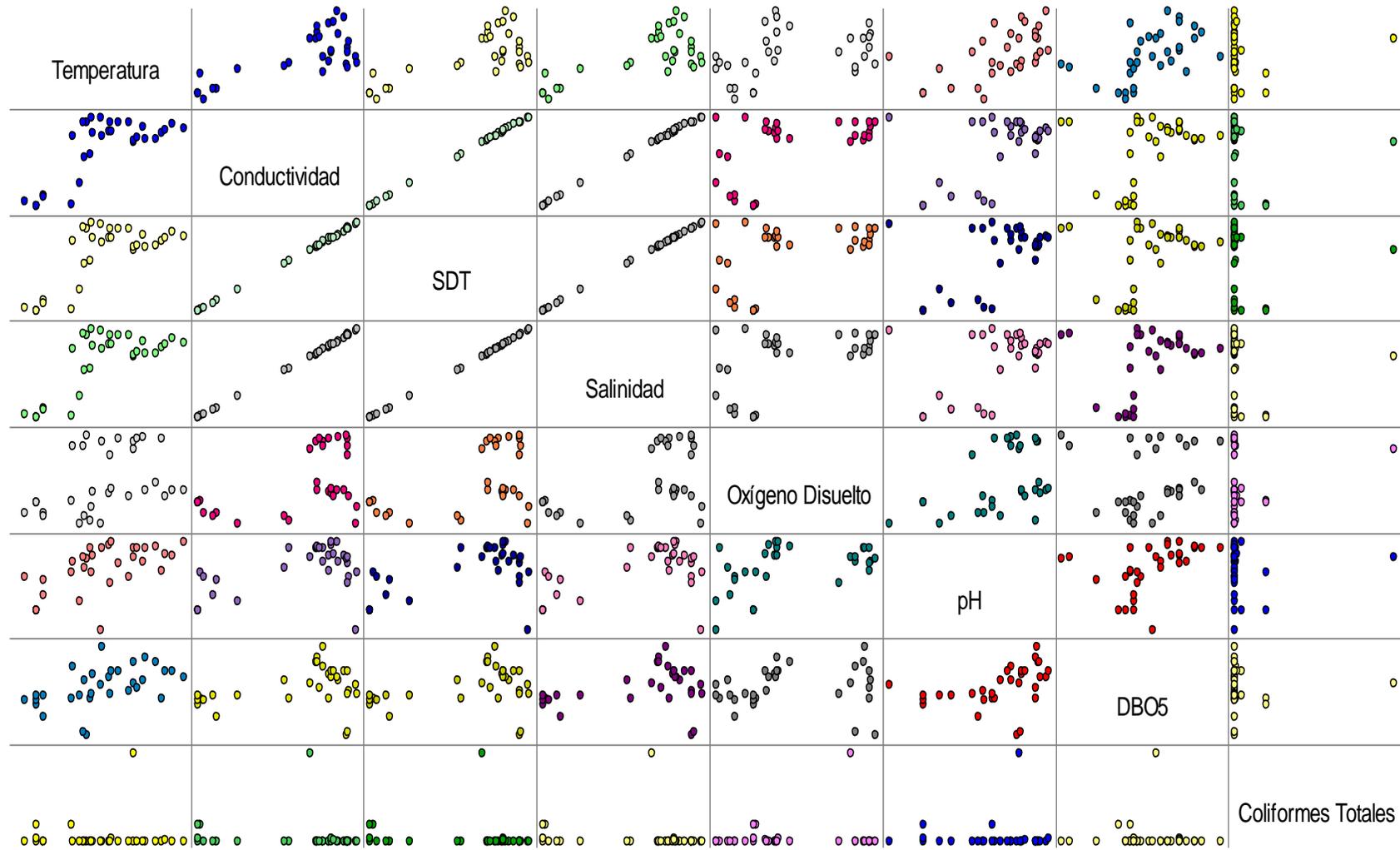


Figura 86. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en agosto.

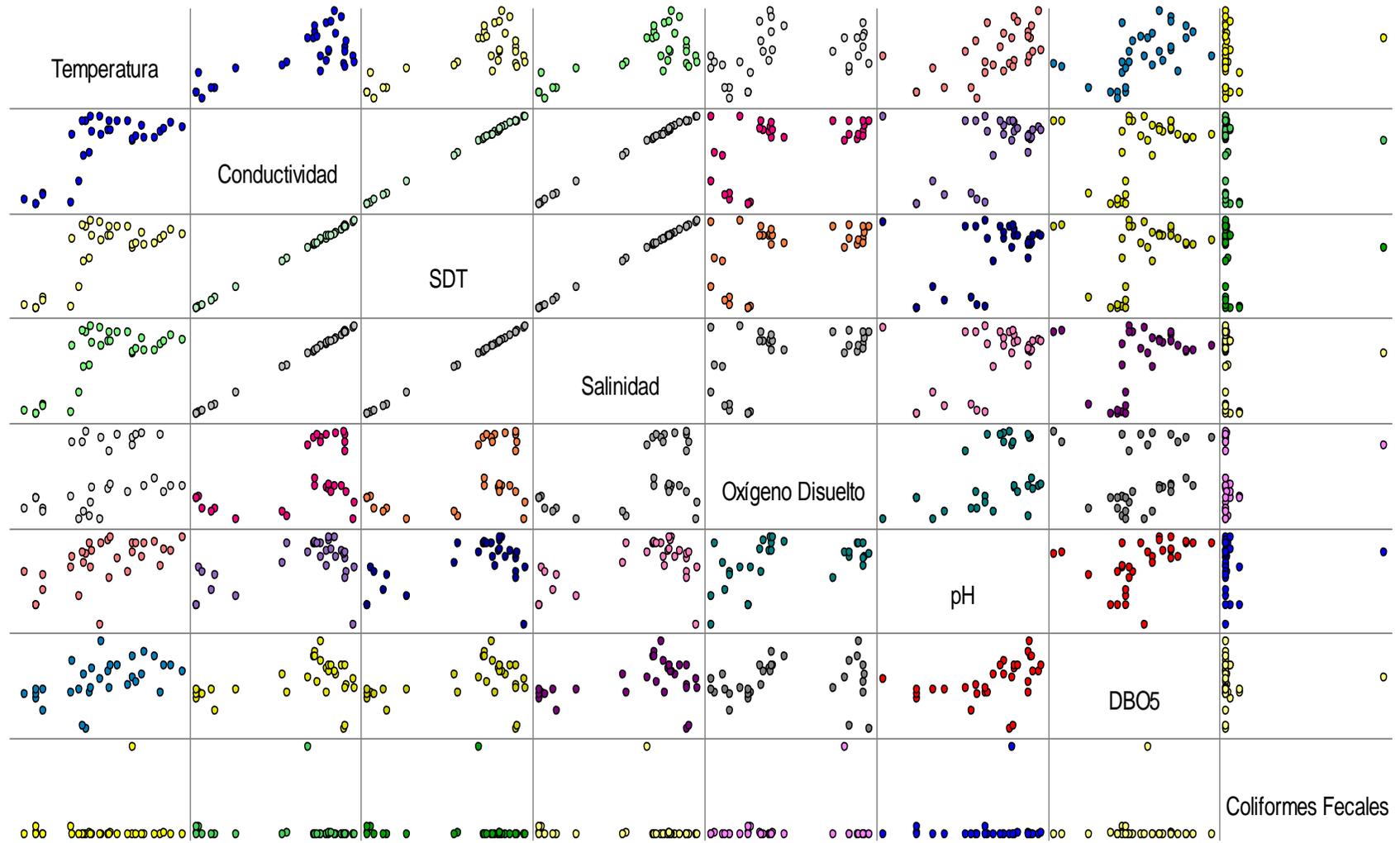


Figura 87. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en agosto.

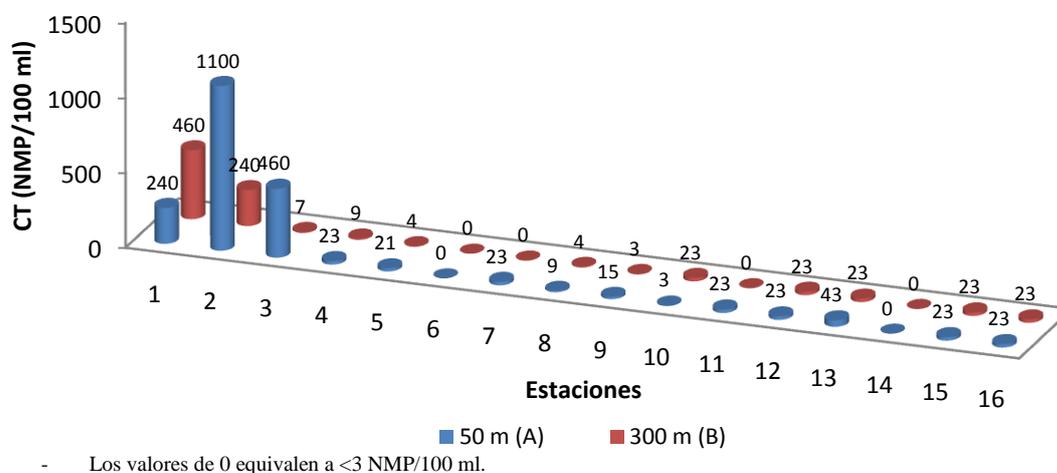
### 3.10. Condiciones ambientales del agua en septiembre.

En el anexo 10 se muestran los valores de los parámetros ambientales para cada uno de los transectos y sus estaciones.

#### 3.10.1 Distribución y análisis de los coliformes totales y fecales por distancia.

El valor promedio de los coliformes totales fue de 90.28 NMP/100 ml y su desviación estándar de 219.69.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes totales fue de 127.19 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 285.91 NMP/100 ml, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 6A y 14A y el máximo fue de 1100 NMP/100 ml en la estación 2A. A 300 m el valor promedio de los coliformes totales fue de 53.38 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 122.87, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 6B, 7B, 11B y 14B y el máximo fue de 460 NMP/100 ml en la estación 1B (Figura 88).

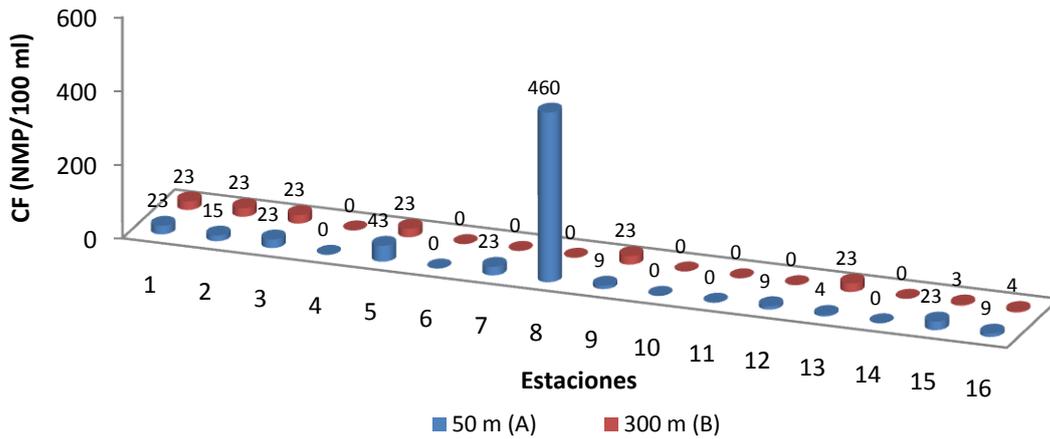


**Figura 88.** Concentración de coliformes totales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en septiembre.

El valor promedio de los coliformes fecales fue de 25.87 NMP/100 ml y su desviación estándar de 79.94.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los coliformes fecales fue de 41 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 112.31, el valor mínimo fue de <3

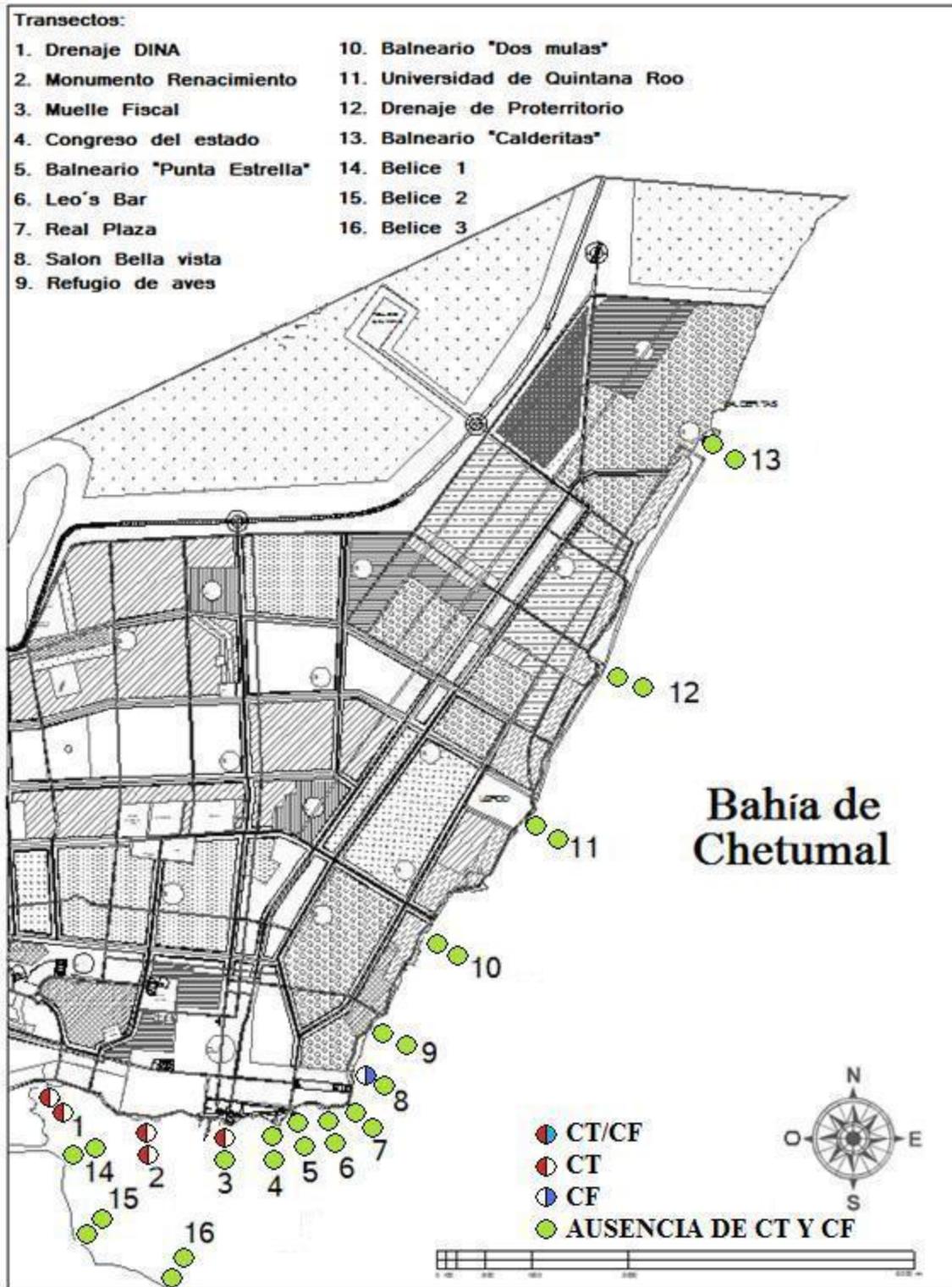
NMP/100 ml en las estaciones 4A, 6A, 10A, 11A y 14A y el máximo de 460 NMP/100 ml en la estación 8A. A 300 m el valor promedio de los coliformes fecales fue de 10.56 NMP/100 ml, con una desviación estándar de 9.95, el valor mínimo fue de <3 NMP/100 ml en las estaciones 4B, 6B, 7B, 8B, 10B, 11B, 12B y 14B y el máximo de 23 NMP/100 ml, en las estaciones 1B, 2B, 3B, 5B, 9B y 13B (Figura 89).



- Los valores de 0 equivalen a <3 NMP/100 ml.

**Figura 89.** Concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml) por distancia en las estaciones muestreadas en septiembre.

La figura 90 se presenta para poder visualizar las estaciones donde se presentaron coliformes totales y fecales con una concentración mayor a 200 NMP/100 ml, la cual se establece en los criterios ecológicos de calidad del agua para uso recreacional, se dividió en categorías como coliformes totales, coliformes fecales, coliformes totales y fecales (lo cual significa que hay presencia de ambos) y ausencia de coliformes totales y fecales.



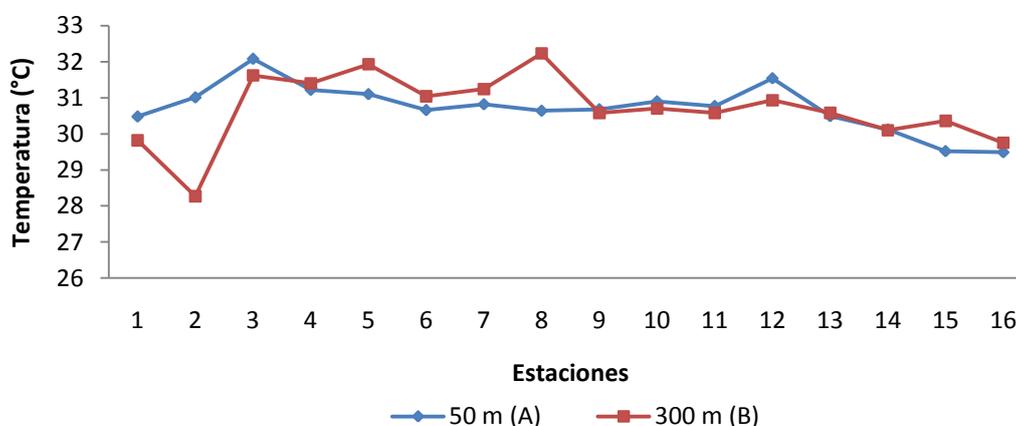
**Figura 90.** Distribución de los coliformes totales y fecales en la zona conurbada de la bahía de Chetumal en septiembre.

### 3.10.2. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

#### a) Temperatura

Durante el mes de septiembre la temperatura promedio fue de 30.71 °C y su desviación estándar de 0.81.

A 50 m de la línea de costa la temperatura promedio fue de 30.72 °C, con una desviación estándar de 0.66, la temperatura mínima fue de 29.49 °C en la estación 16A y el máximo de 32.08 °C en la estación 3A. A 300 m el valor promedio de la temperatura fue de 30.7 °C, con una desviación estándar de 0.96, el valor mínimo fue de 28.27 °C en la estación 2B y el máximo de 32.23 °C en la estación 8B (Figura 91).

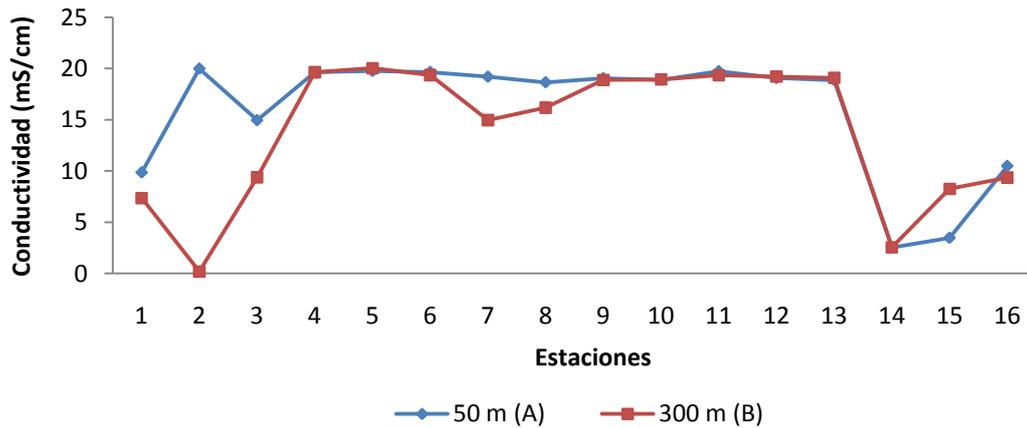


**Figura 91.** Valores de temperatura por estación en septiembre.

#### b) Conductividad

La conductividad promedio fue de 14.89 mS/cm y su desviación estándar de 6.31.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la conductividad fue de 15.86 mS/cm, con una desviación estándar de 5.94, el valor mínimo fue de 2.52 mS/cm en la estación 14A y el máximo de 19.98 mS/cm en la estación 2A. A 300 m el valor promedio de la conductividad fue de 13.92 mS/cm, con una desviación estándar de 6.7, el valor mínimo fue de 0.19 mS/cm en la estación 2B y el máximo fue de 20.03 mS/cm en la estación 5B (Figura 92).

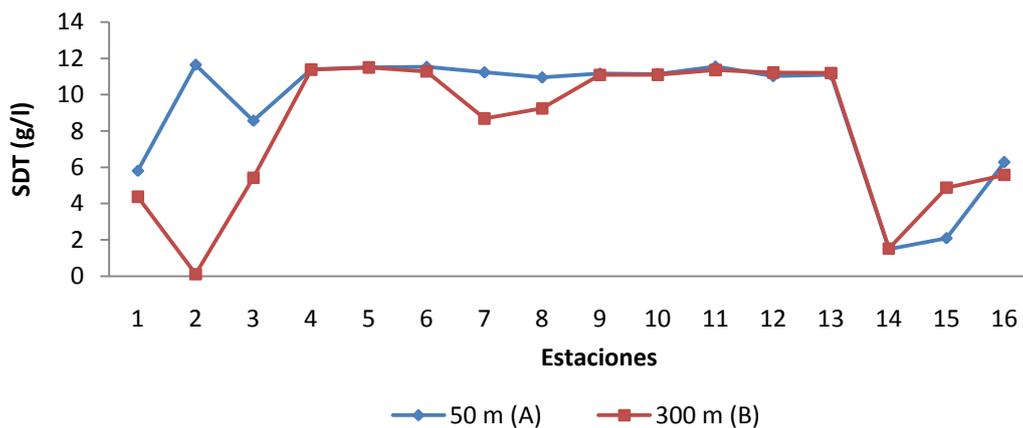


**Figura 92.** Valores de conductividad por estación en septiembre.

### c) Sólidos disueltos totales

El valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 8.7 g/l, con una desviación estándar de 3.67.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 9.28 g/l, con una desviación estándar de 3.46, el valor mínimo fue de 1.5 g/l en la estación 14A y el máximo de 11.65 g/l en la estación 2A. A 300 m el valor promedio de los sólidos disueltos totales fue de 8.12 g/l, con una desviación estándar de 3.89, el valor mínimo fue de 0.11 g/l en la estación 2B, y el máximo de 11.5 g/l en la estación 5B (Figura 93).

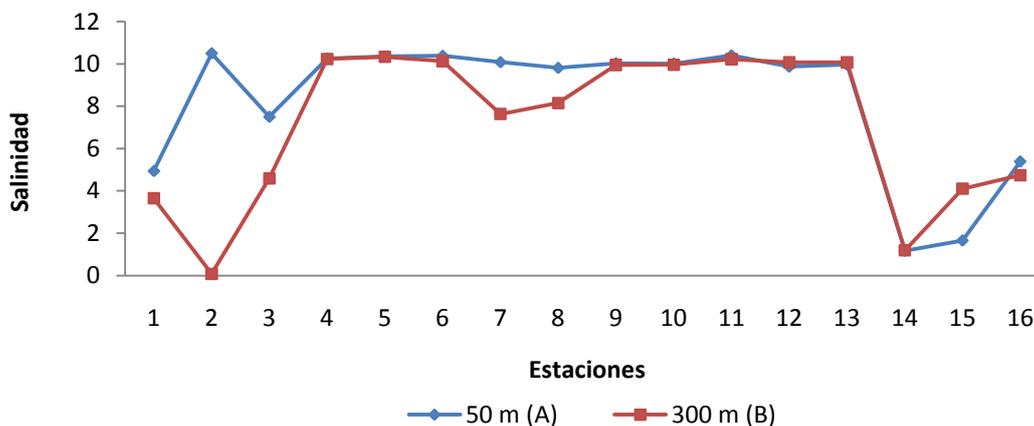


**Figura 93.** Valores de sólidos disueltos totales por estación en septiembre.

### d) Salinidad

El valor promedio de la salinidad fue de 7.73, con una desviación estándar de 3.38.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la salinidad fue de 8.27, con una desviación estándar de 3.2, el valor mínimo fue de 1.17 en la estación 14A y el máximo fue de 10.5, en la estación 2A. A 300 m el valor promedio de la salinidad fue de 7.19 con una desviación estándar de 3.57, el valor mínimo fue de 0.08 en la estación 2B y el máximo de 10.33 en la estación 5B (Figura 94).

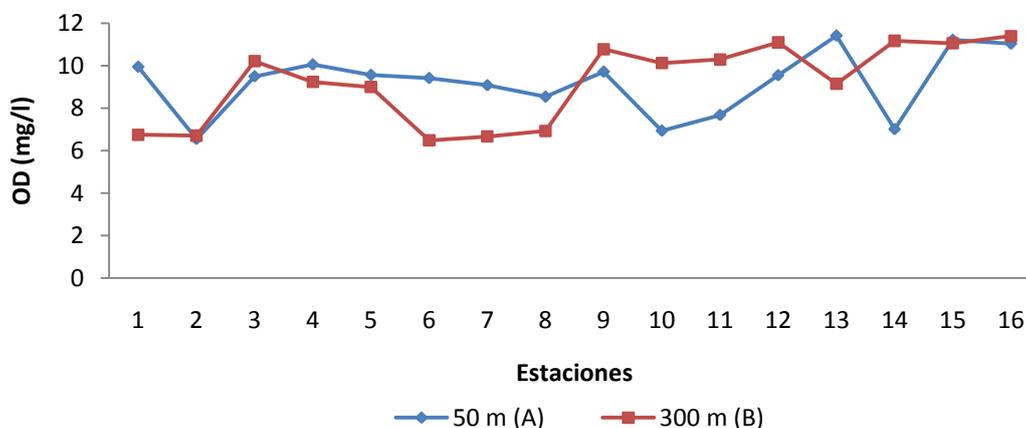


**Figura 94.** Valores de salinidad por estación en septiembre.

#### e) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presentó un valor promedio de 9.2 mg/l y su desviación estándar de 1.67.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 9.2 mg/l, con una desviación estándar de 1.51, el valor mínimo fue de 6.55 mg/l en la estación 2A y el máximo de 11.42 mg/l en la estación 13A. A 300 m el valor promedio del oxígeno disuelto fue de 9.19 mg/l, con una desviación estándar de 1.87, el valor mínimo fue de 6.49 mg/l en la estación 6B y el máximo de 11.4 mg/l en la estación 16B (Figura 95).

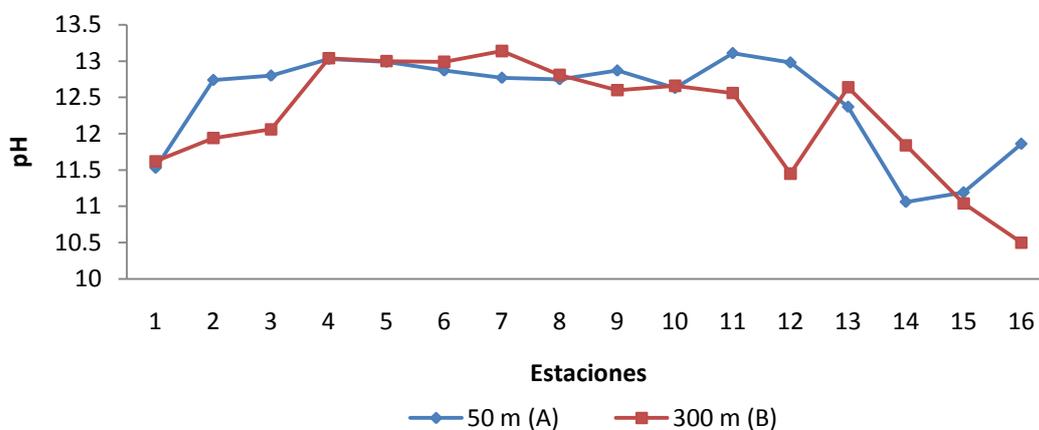


**Figura 95.** Valores de oxígeno disuelto por estación en septiembre.

**f) pH**

El valor promedio de pH fue de 12.36 y su desviación estándar de 0.73.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio del pH fue de 12.47, con una desviación estándar de 0.68, el valor mínimo fue de 11.06 en la estación 14A y el máximo fue de 13.11 en la estación 11A. A 300 m el valor promedio del pH fue de 12.24, con una desviación estándar de 0.79, el valor mínimo fue de 10.5 en la estación 16B y el máximo de 13.14 en la estación 7B (Figura 96).

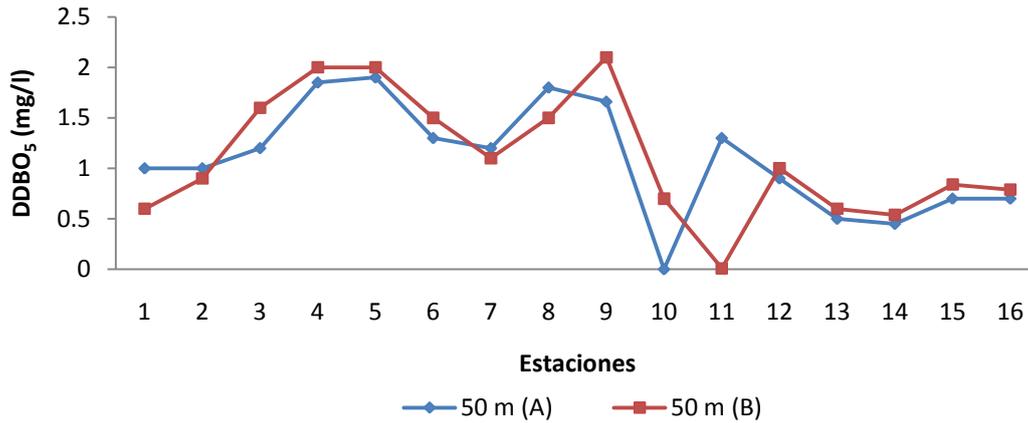


**Figura 96.** Valores de pH por estación en septiembre.

**g) DBO<sub>5</sub>**

El valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.1 mg/l, con una desviación estándar de 0.57.

A 50 m de la línea de costa el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.09 mg/l, con una desviación estándar de 0.55, el valor mínimo fue de 0 mg/l en la estación 10A y el máximo de 1.9 mg/l en la estación 5A. A 300 m el valor promedio de la DBO<sub>5</sub> fue de 1.11 mg/l, con una desviación estándar de 0.61, el valor mínimo fue de 0.01 mg/l en la estación 11B y el máximo de 2.1 mg/l en la estación 9B (Figura 97).



**Figura 97.** Valores de DBO<sub>5</sub> por estación en septiembre.

### 3.10.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.

A 50 m de la línea de costa los coliformes totales presentaron relación con el pH (0.77) y la mayor relación la tuvieron con la DBO<sub>5</sub> (0.92). A 300 m no presentaron relación significativa con ningún parámetro (Tabla 15).

**Tabla 15.** Coeficientes de correlación de los coliformes totales con los parámetros fisicoquímicos en septiembre.

Parámetros	50 m	300 m
	CT (NMP/100 ml)	CT (NMP/100 ml)
Temperatura	0.25	0.02
Conductividad	0.68	0.05
SDT	0.7	0.05
Salinidad	0.71	0.05
OD	0.15	0.08
pH	0.77	0.29
DBO <sub>5</sub>	0.92	0.3

A 50 m de la línea de costa los coliformes fecales presentaron relación significativa con el pH (0.7), el OD (0.72) y la relación más alta la tuvieron con la temperatura (0.95). A 300 m presentaron relación significativa con el pH (0.84) (Tabla 16).

**Tabla 16.** Coeficientes de correlación de los coliformes fecales con los parámetros fisicoquímicos en septiembre.

Parámetros	50 m	300 m
	CF (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
Temperatura	0.95	0.46
Conductividad	0.67	0.51
SDT	0.66	0.51
Salinidad	0.66	0.52
OD	0.72	0.52
pH	0.7	0.84
DBO <sub>5</sub>	0.15	0.36

Para el mes de septiembre los coliformes totales y fecales no presentaron una relación significativa con ninguna de las variables ambientales ya que los puntos se acomodaron en una línea horizontal. A diferencia de la conductividad, los sólidos disueltos totales y la salinidad que forman una diagonal recta por la relación muy fuerte que existe entre ellas (Figuras 98 y 99).

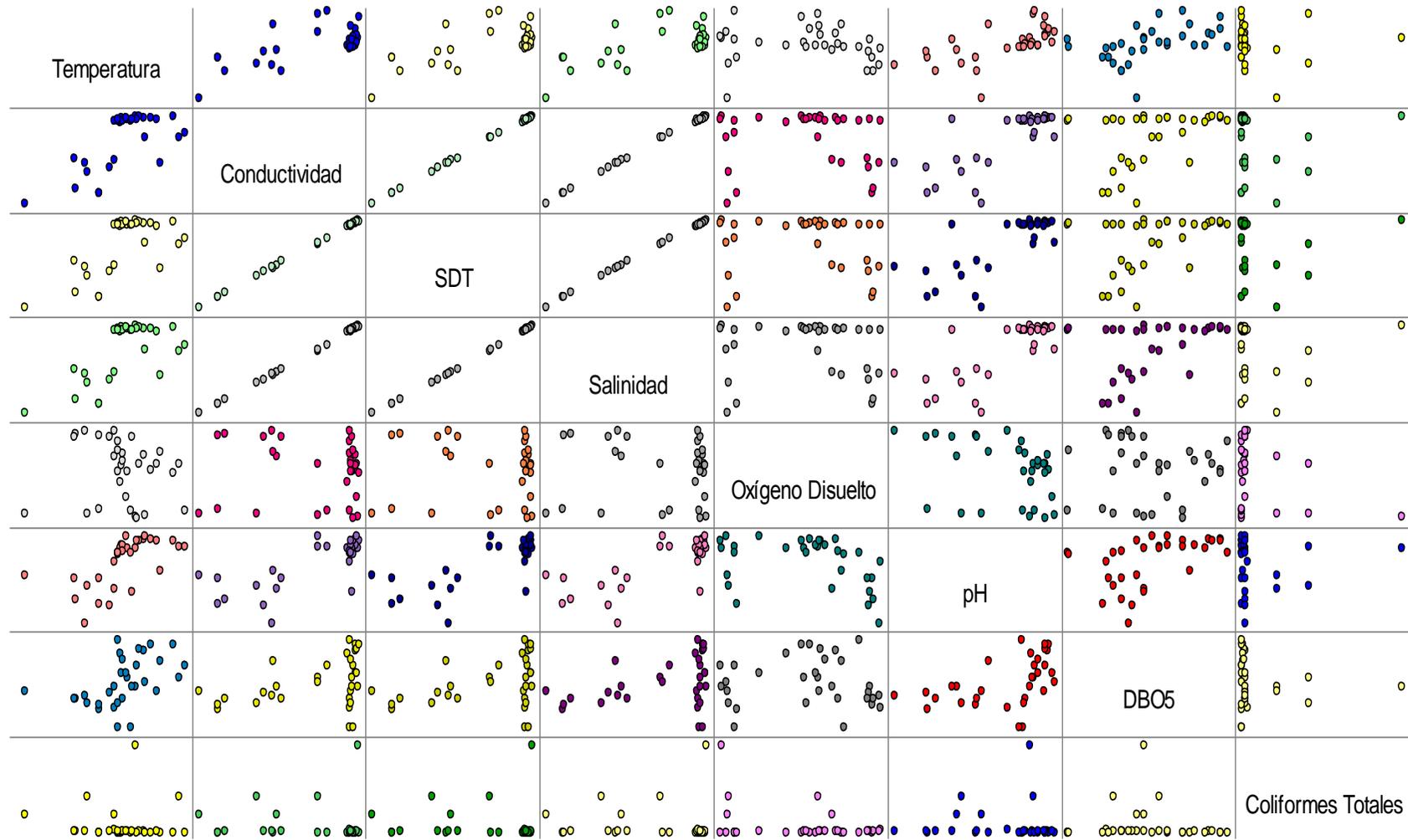


Figura 98. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes totales en septiembre.

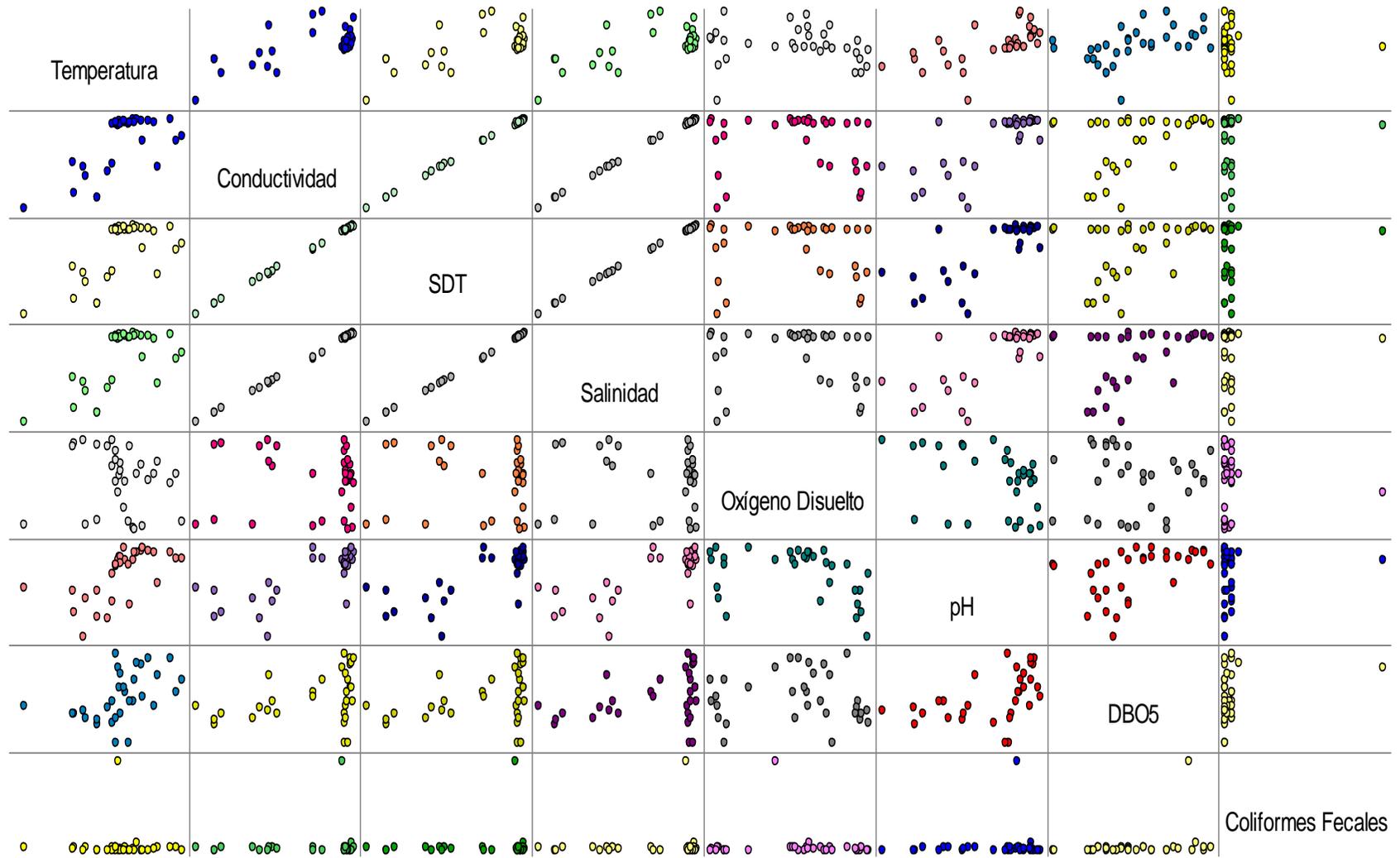


Figura 99. Matriz de diagramas de dispersión de las variables ambientales y los coliformes fecales en septiembre.

## IV. DISCUSIONES

### 4.1 Comportamiento de los coliformes totales y fecales

Los riesgos microbiológicos permanecen asociados con varios aspectos como es el uso del agua para tareas domésticas y el agua de uso recreacional. La calidad del agua es monitoreada para buscar y cuantificar los indicadores bacterianos de contaminación fecal (Djuikom et al. 2006). Los indicadores microbianos de calidad del agua usados más frecuentemente son los coliformes totales (CT) y fecales (CF), ambos considerados como indicadores de contaminación fecal reciente (Djuikom et al. 2006).

Bravo Medrano (2008) observó que cuando disminuyen las precipitaciones se da un marcado aumento de las concentraciones de organismos coliformes fecales lo cual puede observarse para el mes de abril (época de secas) donde se detectó espacialmente la mayor frecuencia de coliformes totales y fecales en las estaciones 1A y 2A. Estas son las que se encuentran ubicadas en el drenaje de la DINA y a la altura del monumento al renacimiento respectivamente. Resultados similares han sido reportados por Flores Rodríguez y García Domínguez (1998, 1999) y Secretaria de Marina (2001), los cuales rebasan los límites máximos permitidos en el área reconocida como antigua expofier.

Se detectaron temporalmente los coliformes totales y fecales para abril, mayo julio, agosto y septiembre presentando incidencia de valores superiores a los 200 NMP/100 ml, establecido en los límites de los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89). Octubre, febrero y marzo no mostraron problemas de índices sobre la norma. Esto podría deberse a la distribución de la contaminación fecal en aguas costeras que depende de varios factores como son el tamaño y la densidad de la comunidad bacteriana de la costa, la disposición de los residuos y su sistema de tratamiento, el agua pluvial y su tratamiento, y potencialmente el clima y el tiempo. La extensión de la contaminación fecal puede cambiar estacionalmente con la temperatura, la lluvia y otras influencias. Bravo Medrano (2008) menciona que sí existe una relación entre las precipitaciones y las concentraciones de coliformes fecales que salen de los efluentes y que el aumento en las precipitaciones provoca una dilución que disminuye las concentraciones de organismos coliformes fecales. Mientras que las infecciones estacionales y la excreción en la población humana pueden influenciar la carga de

contaminantes en aguas receptoras, el clima puede influenciar la distribución y sobrevivencia de ciertos microorganismos (Lipp et al. 2001).

Bravo Medrano (2008) encontró que durante el mes de agosto se dieron las concentraciones más altas de coliformes fecales, sus resultados difieren de este estudio ya que las concentraciones más altas para coliformes fecales se dieron durante el mes de abril, esto podría deberse a que el muestreo de Bravo Medrano no abarca dicho mes, quizás si hubiese sido más extenso su muestreo presentaría resultados similares, dado que agosto presentó menor precipitación y en este caso abril presenta pocas precipitaciones por encontrarse en la época de secas. Octubre, febrero y marzo presentaron las concentraciones más bajas para este estudio, difiriendo también con Bravo Medrano (2008) dado que en su caso se presentó para el mes de septiembre, se da el mismo caso que el anterior ya que su estudio abarca la mitad del año. Las concentraciones encontradas en la estación Lázaro Cárdenas son similares a las concentraciones encontradas para este estudio, aunque los resultados que presentó difieren ya que las concentraciones más altas fueron mayores en la estación 1A (dina), y también se presenta el caso de que las concentraciones más altas en este estudio se dieron durante el mes de abril, por lo cual es importante resaltar que los resultados de Bravo Medrano abarcan solo la época de lluvias y nortes, y esto da como consecuencia una variación en los resultados de este estudio que abarca las cuatro épocas del año.

Los coliformes totales durante los meses muestreados presentaron mayor incidencia y densidad a una distancia de 50 m (8.32 de una escala de 0 a 100), a 300 m la densidad de coliformes totales decreció (3.84), y en la mayoría de los casos estuvo ausente. Estos resultados coinciden con los de Castillo Rodríguez y Carrillo Ramírez (2001) quienes mencionaron que en los primeros 50 metros de la línea de costa de la bahía presentó mayor frecuencia de coliformes totales y fecales, ya que esta zona tiene poca profundidad y escasez de corrientes, por lo cual no se efectúa una eficaz dilución de las descargas provenientes de las descargas de aguas residuales. A 300 m de la línea de costa el oleaje, las corrientes, el viento y la profundidad influyen en la dilución de la carga bacteriana, por lo cual pocas veces se detecta la presencia de coliformes totales y fecales.

Los coliformes fecales se presentaron en su mayoría a una distancia de 50 m, solo estuvieron presentes a una distancia de 300 m durante el mes de abril en la estación 8C; Ortiz Hernández y Sáenz Morales (1999) mencionan que en los puntos de muestreo a 50 y 100 m de la línea de costa la densidad de los coliformes fecales decreció, este decrecimiento puede ser debido a la dispersión por las mareas y los vientos.

Durante los meses de mayo, julio, agosto y septiembre la concentración de los coliformes totales y fecales aumentó, esto podría ser debido a la cantidad de precipitación (Anexo 11) durante esos meses. El mes de octubre mostró una cantidad de 182.12 mm de lluvia, sin embargo durante este mes los coliformes totales y fecales no estuvieron presentes en concentraciones que rebasen los límites máximos establecidos por los criterios ecológico de calidad del agua

#### **4.2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.**

Los valores de temperatura se mantuvieron en un rango de 25.32 a 32.41 °C, encontrándose dentro de un rango normal entre los 24 y 30 °C, característico de las aguas tropicales (Flores Rodríguez y García Domínguez, 2001). También con estudios realizados en la bahía donde la temperatura varió entre 24.5 y 31°C (Carrillo et al. 2009). Se puede considerar que la temperatura no presentó fluctuaciones considerables dentro de la zona de estudio. La temperatura se ha mantenido constante durante los últimos 10 años, debido a las condiciones de la zona y no se ha registrado un valor superior a los 40 °C (Castillo Rodríguez y Carrillo Ramírez, 2001). La temperatura es un factor fundamental para la calidad del agua, para los procesos de oxidación y reducción y para el metabolismo de todos los organismos, ejerciendo una gran influencia sobre el sistema acuático. Factores como una reducción en el flujo del agua y descargas residuales tienen una afectación negativa en su variación natural estacional (Karafistan y Arik-Colakoglu, 2003).

Los parámetros de conductividad, sólidos disueltos totales y salinidad presentaron un comportamiento similar durante octubre, febrero, agosto y septiembre, presentándose las concentraciones más bajas en los transectos 1, 14, 15 y 16, debido al aporte del río que contribuye a la atenuación salina y que se presentaron estos valores durante la época de lluvias cuando el flujo del río Hondo es mayor, originando un gradiente de salinidad

a nivel horizontal y vertical (Gómez Velázquez et al. 2008). Del transecto 2 al 13, se incrementaron considerablemente las concentraciones esto debido a que los sitios se encuentran alejados de la desembocadura del río Hondo donde el área de influencia para la dilución del agua es mayor. De marzo a julio el aumento de las concentraciones fue gradual, presentándose las concentraciones más bajas igual que en el caso anterior, en la bocana del río y las concentraciones más altas en la parte norte de la bahía. Para ambos casos esta situación se explica por estar ubicados en la desembocadura del río Hondo (Herrera-Silveira et al, 2009).

El oxígeno disuelto presentó las concentraciones más bajas durante marzo, abril y mayo que oscilaron de 0.01 mg/l a 0.96 mg/l, las concentraciones más altas se presentaron durante agosto y septiembre oscilando de 4.89 mg/l a 11.42 mg/l. Durante el 2006 se presentaron variaciones de oxígeno disuelto probablemente asociadas al cambio hidrológico generado por los diferencias en los aportes de agua dulce y marina que inducen cambios en el metabolismo neto de la bahía (Herrera-Silveira et al, 2009 cita a Medina-Gómez et al, 2002). Este parámetro es uno de los principales indicadores de la buena o mala calidad en los cuerpos de agua, cabe señalar la relación que guarda con algunos parámetros, demostrando que una mala oxigenación en el agua, es indicador de una alta descomposición orgánica (DBO), incremento en la población bacteriana, turbidez, olores fétidos, mala conductividad e incremento en la temperatura; dificultando la vida acuática (Castillo Rodríguez y Carrillo Ramírez, 2004).

Las concentraciones más bajas de pH se encontraron en las estaciones cercanas a la bocana del río en la estación 15A y presentaron ambas un valor de 6.6 en el mes de octubre y febrero. Esto debido a que el aporte de formas carbonatadas de materia orgánica en suspensión, las descargas de aguas residuales y las épocas de lluvia contribuyen el flujo base al cuerpo de agua, factores que pueden ser determinante para que este parámetro pudiera alterarse (Castillo Rodríguez y Carrillo Ramírez, 2001). Los valores promedio de pH fueron incrementando de octubre a septiembre; durante mayo, julio, agosto y septiembre rebasaron el límite máximo permitido por establecido por la NOM-001-SEMARNAT-1996 que tiene un rango de 5 a 10 unidades, estos fueron como mínimo para mayo de 10.9 unidades y como máximo para septiembre de 13.14 unidades (Figura 99). Este parámetro fue el más estable ya que no mostro cambios

drásticos durante los meses muestreados. Es una medida estándar de acidez y alcalinidad, maneja muchas reacciones químicas en organismos vivos, donde un pH de valor 7 representa una condición natural (Karafistan y Arik-Colakoglu, 2003).

La DBO<sub>5</sub> nos indica la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua según la NMX-AA-028-1981. Se encontró dentro de un rango de 0 a 4.7 mg/l, estas concentraciones podrían presentarse debido a que conforme la materia orgánica es consumida o dispersada en el agua, los niveles de la DBO<sub>5</sub> tienden a disminuir. Se ubicó dentro de los límites máximos permisibles, según los criterios de la NOM-001-SEMARNAT-1996, siendo de 20 mg/l para este tipo de aguas (Castillo Rodríguez y Carrillo Ramírez, 2001).

#### **4.3. Relación de los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos.**

La correlación de los diferentes parámetros fisicoquímicos se mostró a favor del crecimiento de los coliformes totales y fecales. Se encontraron asociaciones significativas entre los coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos, estas presentaron variación dependiendo de la distancia y el mes en el que se tomaron. Sin embargo las relaciones más estrechas las presentaron los parámetros de salinidad, conductividad y los sólidos disueltos totales.

## **V. CONCLUSIONES**

La densidad de las bacterias varía mensualmente, pero el pico de los niveles se notó más durante abril, mayo, julio, agosto y septiembre (Anexo 12). Por lo que se puede establecer que existe contaminación por estas bacterias, principalmente en la estación 1A, la cual presenta más incidencia de coliformes fecales. Fueron pocas las estaciones en las cuales hubo presencia de coliformes fecales que rebasaran los límites máximos permisibles establecidos por los criterios ecológicos de calidad del agua. Las zonas establecidas como áreas de recreación con contacto primario no presentaron concentraciones de coliformes fecales que rebasen los límites máximos establecidos por los criterios ecológico de calidad del agua, sin embargo no es posible garantizar que no

se presenten más adelante en esas zonas, debido a que los coliformes fecales varían en espacio y tiempo.

De los resultados es evidente que los parámetros fisicoquímicos tienen asociaciones significativas con las bacterias coliformes totales y fecales, y su presencia es un indicio de la probable existencia de microorganismos patógenos, presentes en la materia orgánica de origen fecal, sin embargo esta variación está relacionada con el espacio y tiempo, así como con el aporte que recibe la bahía por parte del río Hondo.

El arrastre producido por las lluvias influye en la concentración de los coliformes totales y fecales, contribuyendo al aumento en las concentraciones de los mismos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Es importante establecer un programa de monitoreo que incluya metodologías, técnicas de muestreo y laboratorio que se rijan por las normas establecidas en la legislación ambiental vigente, con la finalidad de obtener una base de datos confiable.

Establecer vinculación con el gobierno de Belice para la conservación de la bahía de Chetumal, así mismo establecer un programa de educación ambiental para concientizar a la población de ambos países.

## LITERATURA CITADA

Álvarez-Legorreta, T. (2007). Monitoreo de la calidad del agua de la bahía de Chetumal y el río Hondo. Informe técnico final. ECOSUR, COQCYT y CONACYT. p. 87.

Atlas M. R. y Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y microbiología ambiental. Pearson Educación, S.A., Madrid. 2ª Ed. Pp. 499-501.

Becerra-Tapia, N y Botello, A.V. (1995). Bacterias coliformes totales y fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México, D.F. Pp. 86-94.

Bravo Medrano, A. A. (2008). Determinación de nitrógeno inorgánico y coliformes fecales en los efluentes pluviales y del manto freático que desembocan en la bahía de Chetumal, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo. México, p. 117.

Carrillo, L., Palacios-Hernández, E., Ramírez, A.M. y Morales-Vela, J.B. (2009). Características hidrometeorológicas y batimétricas. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del mar Caribe, ECOSUR Quintana Roo México, Pp. 13-21.

Castillo Rodríguez, I. Y. y Carrillo Ramírez, A. (2001). Diagnóstico sobre la situación que guarda la bahía de Chetumal debido al impacto ocasionado por la descargas de aguas residuales y pluviales. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. México, p. 67.

Clima en Chetumal, Q. Roo durante el año 2005. URL:  
[http://www.tutiempo.net/clima/Chetumal\\_Q\\_Roo/2005/767500.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Chetumal_Q_Roo/2005/767500.htm)

Clima en Chetumal, Q. Roo durante el año 2006. URL:  
[http://www.tutiempo.net/clima/Chetumal\\_Q\\_Roo/2006/767500.htm](http://www.tutiempo.net/clima/Chetumal_Q_Roo/2006/767500.htm)

Djuikom, E., Njine, T., Nola, M., Sikati, V. y Jugnia, L.B. (2006). Microbiological water quality of the Mfoundi river watershed at Yaoundé, Cameroon, an inferred from indicator bacteria of fecal contamination. *Environmental monitoring and assessment*, 122:171-183.

Flores Domínguez, J. R. y García Domínguez, J. de J. (2001). Resumen de los estudios de la calidad del agua de la bahía de Chetumal Quintana Roo. México 1988-2000. Secretaría de Marina, Armada de México, Quinta Región Naval Militar, Sector Naval de Chetumal, Quintana Roo, México.

Gómez Velásquez, F. A., Aguirre Ramírez, N. J., Betancur Urhán, J. y Toro Botero, M. (2008). Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá. *Gestión y Ambiente*, v. 11, No. 3, p. 87-95.

Herrera-Silveira, J.A., Arreola-Lizárraga, J.A. y Ramírez-Ramírez, J. (2009). Cambios hidrológicos y de estado trófico entre los años 2000 y 2006. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del mar Caribe, ECOSUR Quintana Roo México, Pp. 22-27.

Herrera Silveira, J. A., Jiménez Zaldívar, A., Aguayo González, M., Trejo Peña, J Medina Chan, I. Tapia González, F., Medina Gómez, I. y Vázquez Montiel, O. (2002). Calidad del agua de la bahía de Chetumal a través de indicadores de su estado trófico. *Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la bahía de Chetumal y su área de influencia. Serie bahía de Chetumal No. 2.* Pp. 185-196.

Lipp, K. E., Kurz, R., Vincent, R., Rodríguez Palacios, C., R. Farrah, S. y Rose, J. (2001). The effects of seasonal variability and weather on microbial fecal pollution and nitric pathogens in a subtropical estuary. *Estuarine Research Federation. Estuaries*, 4(2):226-276.

Norma mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001 Analisis de agua – Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO<sub>5</sub>) y residuales tratadas – Método de prueba (Cancela la NMX-028-1981).

Norma Mexicana NMX-AA-42-1987. Calidad del Agua Determinación del Número más Probable (NMP) de Coliformes Totales, Coliformes Fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* Presuntiva.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Orozco Borbón, Ma. V. y Delgadillo Hinojosa, F. (1989). Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la bahía de Todos Santos, Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. México. Pp. 47-61.

Ortiz-Hernández, Ma. C. y Sáenz-Morales, R. (1999). Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, México. El Colegio de la Frontera Sur, Quintana Roo México, Pp. 423-434.

Ortiz-Hernández, Ma. C., Carmona de la Torre y Flores Rodríguez, J.R. (2009). Generación, manejo y destino de las aguas residuales de la bahía de Chetumal: situación actual. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del mar Caribe, ECOSUR Quintana Roo México, Pp. 197-204.

Romero Cabello, R. (1993). Microbiología y Parasitología Humana. Editorial Médica Panamericana. 1ª Edición. México, Pp. 287-307.

Sánchez, A., Álvarez-Legorreta, T., Sáenz-Morales, R., Ortiz-Hernández, Ma. C., López-Ortiz, E., Aguíñiga, S. (2008). Distribución de parámetros texturales de los sedimentos superficiales en la bahía de Chetumal: Implicaciones en la inferencia de transporte. Revista mexicana de ciencias geológicas. 25(3):523-532.

SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), (1989). Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua. CE-CCA-001/89 (1989). Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989. Tomo CDXXX, No. 9. México, D.F.

Vásquez, J. R. y Mejía, M. (2007). Identificación de las actuales practicas del manejo del cultivo de caña de azúcar y determinación de su importancia en Orange Walk y Corozal, Belice. *The Mesoamerican Reef*, p.60.

Wong Chang, I. y Barrera Escocia, G. (1996). Implicaciones ecológicas de la contaminación microbiológica en la zona costero marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Departamento de Hidrobiología, UAM. México, Campeche. Pp. 383-397.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Localización geográfica de las estaciones de muestreo.

Transecto	Nombre	Estaciones	Latitud N	Longitud W
1	Drenaje Dina	1A – 50m	***	***
		1B – 300m	361231	2045297
2	Monumento del Renacimiento	2A – 50 m	362470	2045175
		2B – 300m	362493	2045084
3	Muelle Fiscal	3A – 50m	362909	2045151
		3B – 300m	363015	2044856
4	Congreso del estado	4A - 50m	363536	2045088
		4B – 300 m	363460	2044774
5	Balneario “Punta estrella”	5A – 50 m	363684	2045175
		5B – 300m	363893	2044989
6	Leo´s Bar	6A – 50m	364143	2045259
		6B - 300m	364225	2045029
7	Plaza	7A – 50m	364379	2045360
		7B – 300m	364509	2045285
8	Bella Vista	8A – 50 m	364451	2045643
		8B – 300m	364607	2045619
9	Refugio de Aves	9A – 50 m	***	***
		9B – 300m	***	***
10	Balneario dos mulas “Dos mulas”	10A – 50 m	365173	2047047
		10B – 300m	365364	2046991
11	Universidad de Quintana Roo. (UQROO)	11A – 50 m	***	***
		11B – 300m	***	***
12	Drenaje de Proterritorio	12A – 50 m	366405	2049047
		12B – 300m	366642	2049039
13	Balneario “Calderitas”	13A – 50 m	367918	2051982
		13B – 300m	368663	2051970
14	Belice 1	14A – 50 m	***	***
		14B – 300m	361416	204442
15	Belice 2	15A – 50 m	362022	2043319
		15B - 300m	362109	2043479
16	Belice 3	16A – 50 m	362693	2042089
		16B – 300m	362837	2042253

\*\*\* No se registraron los datos.

**Anexo 2.** Promedios, desviación estándar, mínimos y máximos para los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los meses muestreados.

Variable		Octubre	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Julio	Agosto	Septiembre
T (°C)	Prom	30.49 ± 0.62	29.53 ± 5.42	26.61 ± 0.5	27.45 ± 0.43	29.36 ± 1.04	29.13 ± 0.74	31.14 ± 0.69	30.71 ± 0.81
	Mín	29.03	29.02	25.32	26.84	25.54	27.62	29.91	28.27
	Máx	31.79	31.79	27.46	28.37	31.34	30.11	32.41	32.23
C (mS/cm)	Prom	23.92 ± 10.21	21.24 ± 9.9	14.36 ± 7.47	14.28 ± 7.45	16.6 ± 8.25	10.61 ± 7.54	11.88 ± 5.47	14.89 ± 6.31
	Mín	2	2.06	4.65	4.76	5.88	0.93	2	0.19
	Máx	34.41	31.08	28.88	28.83	27.71	26.01	17.39	20.03
SDT (g/l)	Prom	14.21 ± 5.87	13.62 ± 6.32	8.75 ± 4.55	9.04 ± 4.52	9.9 ± 4.81	6.34 ± 4.48	6.88 ± 3.15	8.7 ± 3.67
	Mín	1.34	1.04	2.51	2.91	3.71	0.57	1.18	0.11
	Máx	20.2	20.2	17.44	17.92	16.38	15.45	10.15	11.65
S	Prom	13.59 ± 6.17	12.73 ± 6.08	7.96 ± 4.38	9.01 ± 7.22	8.93 ± 4.62	5.59 ± 4.14	6.01 ± 2.85	7.73 ± 3.38
	Mín	1.05	1.04	2.23	2.37	2.95	0.43	0.91	0.08
	Máx	27.52	19.2	16.7	41.5	15.25	14.31	9.04	10.5
OD (mg/l)	Prom	2.34 ± 0.95	2.08 ± 1.26	0.37 ± 0.3	0.33 ± 0.3	0.05 ± 0.02	4.42 ± 0.83	7.38 ± 1.87	9.2 ± 1.67
	Mín	1.2	1.4	0.05	0.01	0.01	2.37	4.89	6.49
	Máx	4.9	4.9	0.96	0.93	0.08	5.77	10.21	11.42
pH	Prom	7.9 ± 0.51	7.65 ± 1.48	9.13 ± 0.4	9.08 ± 0.37	10.43 ± 0.33	11.36 ± 0.55	12.43 ± 0.71	12.36 ± 0.73
	Mín	6.61	6.6	8.49	8.48	9.76	10.57	10.57	10.5
	Máx	7.9	8.35	9.9	9.88	10.9	12.48	13.27	13.14
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Prom	1.56 ± 0.41	1.59 ± 1.11	0.2 ± 0.18	0.33 ± 0.32	0.05 ± 0.02	2.21 ± 0.91	2.83 ± 0.94	1.1 ± 0.57
	Mín	0.85	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.5	0
	Máx	2.35	4.7	0.89	0.9	0.08	3.97	4.7	2.1
CT (NMP/100 ml)	Prom	6.03 ± 7.99	3.94 ± 1.98	3.94 ± 1.98	155.38 ± 452.08	590.3 ± 958.64	38.94 ± 89.6	24.66 ± 82.48	90.28 ± 219.69
	Mín	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Máx	43	9	9	2400	2400	460	460	1100
CF (NMP/100 ml)	Prom	5.03 ± 4.41	3.63 ± 1.48	3.75 ± 1.76	124.44 ± 418.79	4.44 ± 3.32	36.41 ± 63.07	12.41 ± 41.84	25.78 ± 79.94
	Mín	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Máx	23	9	9	2400	20	240	240	460

**Anexo 3.** Datos de los parámetros ambientales en octubre.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	30.12	3.561	2.7233	2.2075	1.7	7.1325	1.32	4	4
1B	29.795	2	1.3428	1.0475	1.4	7.24	1.08	<3	<3
2A	31.15	19.54	10.79	9.66	1.6	8.03	1	15	15
2B	30.278	29.378	17.258	16.145	1.8	8.065	1	23	23
3A	30.85	21.68	14.16	12.99	1.5	7.85	1.45	4	4
3B	30.86	28.67	16.99	15.86	1.4	8.14	0.85	<3	<3
4A	29.94	26.171	17.01	15.9	1.9	8.17	1.45	<3	<3
4B	30.025	31.873	18.728	17.673	1.8	8.1825	1.45	<3	<3
5A	30.01	30.905	18.583	27.518	1.7	8.1325	1.25	43	11
5B	30.21	30.81	17.34	16.24	2	8.12	1.65	<3	<3
6A	30.613	31	18.34	17.258	2	8.055	1.5	<3	<3
6B	30.51	30.23	17.23	16.11	2.4	8.21	1.6	<3	<3
7A	30.978	27.115	16.615	15.475	3.3	8.1725	2.05	<3	<3
7B	30.08	26.64	15.57	14.43	3	8.26	2.1	<3	<3
8A	31.13	26.723	15.76	14.603	3.1	8.22	1.9	4	4
8B	30.08	25.67	14.93	13.78	2.8	8.2	1.7	<3	<3
9A	31.793	27.813	16.313	15.15	3	8.1575	2	9	9
9B	30.32	26.44	16.3	16.36	3	8.17	1.9	<3	<3
10A	31.243	31.045	17.878	16.96	2.4	8.3125	2.35	<3	<3
10B	31.14	28.29	15.71	15.37	2.3	8.13	1.55	<3	<3
11A	30.743	30.418	17.868	16.77	2.1	8.25	NR	<3	<3
11B	30.46	32.19	18.99	17.93	3.4	8.35	NR	<3	<3
12A	31.358	31.313	17.898	16.785	4.7	8.2525	NR	9	9
12B	30.64	34.41	20.2	19.2	4.9	8.35	NR	<3	<3
13A	30.678	30.173	17.845	16.748	3.4	7.97	NR	7	7
13B	30.64	31.9	18.81	17.74	3.3	8.17	NR	<3	<3
14A	30.013	3.2408	1.5833	1.2425	1.2	6.865	NR	<3	<3
14B	29.863	7.0128	4.7348	4.0675	1.4	7.195	NR	<3	<3
15A	29.025	4.4115	3.5338	2.9175	1.8	6.6075	NR	<3	<3
15B	30.41	31.275	18.493	17.415	1.5	7.7095	NR	<3	<3
16A	29.303	17.693	11.655	10.555	1.4	7.5375	NR	9	9
16B	31.388	5.9858	3.516	2.89	1.7	6.645	NR	3	3

**Anexo 4.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en febrero.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	30.093	4.1905	2.7233	2.2075	1.7	7.1325	1.1	4	4
1B	29.795	2.0655	1.3428	1.0475	1.4	7.24	1	4	4
2A	31.15	16.609	10.79	9.66	1.6	8.03	1	<3	4
2B	30.278	26.549	17.258	16.145	1.8	8.065	1.1	<3	<3
3A	30.85	21.786	14.16	12.99	1.5	7.85	1.5	9	9
3B	30.86	26.135	16.99	15.86	1.4	8.14	0.8	4	4
4A	29.94	26.171	17.01	15.9	NR	8.17	0	<3	<3
4B	30.013	28.814	18.728	17.673	1.8	8.1825	1.5	<3	<3
5A	30.01	28.585	18.583	17.518	NR	8.1325	0	9	4
5B	30.21	26.685	17.34	16.24	2	8.12	1.8	4	4
6A	30.613	28.215	18.34	17.258	2	8.055	1.7	<3	<3
6B	30.51	26.51	17.23	16.11	NR	8.21	0	<3	<3
7A	30.978	25.56	16.615	15.475	3.3	8.1725	1.7	4	4
7B	30.08	23.956	15.57	14.43	3	8.26	2	<3	<3
8A	31.13	24.25	15.76	14.603	3.1	8.22	2.1	9	9
8B	30.08	22.971	14.93	13.78	2.8	8.2	1.7	<3	<3
9A	31.793	25.099	16.313	15.15	3	8.1575	1.8	<3	<3
9B	30.32	26.44	16.3	16.36	3	8.17	2	3	3
10A	31.243	31.045	17.878	16.96	2.4	8.3125	2.4	<3	<3
10B	31.14	28.29	15.71	15.37	2.6	8.13	2	<3	<3
11A	30.743	27.49	17.868	16.77	2.1	8.25	1.5	<3	<3
11B	30.46	29.213	18.99	17.93	3.4	8.35	2.8	<3	<3
12A	31.358	27.533	17.898	16.785	4.7	8.2525	4	<3	<3
12B	30.64	31.082	20.2	19.2	4.9	8.35	4.7	<3	<3
13A	30.678	27.454	17.845	16.748	3.4	7.97	3.4	<3	<3
13B	NR	NR	NR	NR	3.3	NR	2.8	3	3
14A	30.013	2.4358	1.5833	1.2425	1.5	6.865	0.9	<3	<3
14B	29.863	7.2833	4.7348	4.0675	1.4	7.195	0.9	<3	<3
15A	29.025	5.4363	3.5338	2.9175	1.8	6.6075	1.4	4	4
15B	30.41	28.448	18.493	17.415	1.5	7.9075	1	9	<3
16A	29.303	17.927	11.655	10.555	0.3	7.5375	0.3	<3	<3
16B	31.388	5.4098	3.516	2.89	0	6.645	0	<3	<3

**Anexo 5.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en marzo.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	27.36	4.78	2.505	2.23	0.75	8.82	0.15	4	4
1B	26.95	4.65	2.654	2.59	0.8	8.65	0.4	4	4
2A	27.04	5.23	3.321	2.7	0.95	8.6	0.35	<3	<3
2B	27.15	5.48	3.5	2.85	0.87	8.5	0.17	<3	<3
3A	26.91	6.59	3.485	3.24	0.89	8.7	0.89	9	9
3B	27	5.48	3.265	2.89	0.96	8.67	0.36	4	4
4A	26.51	11.36	6.23	6.22	0.35	9.22	0.15	<3	<3
4B	26.3	11.89	8.222	7.46	0.32	9.3	0.02	<3	<3
5A	26.32	12.55	7.598	6.59	0.25	9.19	0.25	9	9
5B	26.5	10.85	6.485	5.86	0.35	9.06	0.15	4	<3
6A	27.01	11.22	7.025	6.57	0.24	9.23	0.24	<3	<3
6B	26.33	10.60	6.5	5.77	0.2	9.05	0.2	<3	<3
7A	26.54	11.36	8.661	6.85	0.26	9.23	0.26	4	4
7B	26.15	14.03	8.31	7.85	0.15	9.15	0.15	<3	<3
8A	26.51	13.54	8.325	7.46	0.22	9.46	0.22	9	9
8B	26.87	15.78	9.612	8.29	0.13	9.5	0.13	<3	<3
9A	26	17.50	10.73	9.66	0.15	9.65	0.15	<3	<3
9B	26.2	17.36	10.753	10.003	0.09	9.48	0.09	3	3
10A	25.54	17.46	11.004	9.9	0.05	9.6	0.05	<3	<3
10B	25.32	19.55	12.55	11.56	0.06	9.61	0.06	<3	<3
11A	26.89	23.00	14.13	13.26	0.07	9.5	0.07	<3	<3
11B	26.46	27.99	15.69	14.97	0.07	9.9	0.07	<3	<3
12A	26.99	22.60	14.336	13.25	0.07	8.89	0.07	<3	<3
12B	27.36	25.44	15.4	14.5	0.08	9.07	0.08	<3	<3
13A	26.98	28.75	17.44	16.45	0.1	9.4	0.1	<3	<3
13B	26.5	28.88	17.36	16.7	0.05	9.74	0.05	3	3
14A	27.46	6.15	3.796	3.4	0.7	8.66	0.1	<3	<3
14B	26.88	6.20	3.452	3.32	0.66	8.49	0.16	<3	<3
15A	26.5	9.77	6.123	5.26	0.59	8.75	0.19	4	4
15B	26.59	11.54	5.98	3.756	0.46	8.79	0.46	9	4
16A	25.94	20.87	12.446	11.45	0.44	8.91	0.04	<3	<3
16B	26.5	21.00	13.007	11.78	0.48	9.45	0.48	<3	<3

**Anexo 6.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en abril.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	28.37	4.76	2.906	2.37	0.67	8.71	0.5	2400	2400
1B	27.99	4.77	2.932	2.39	0.79	8.62	0.67	23	23
2A	28.03	5.06	3.108	2.54	0.93	8.61	0.89	28	28
2B	28.11	5.16	10.71	8.07	0.83	8.48	0.8	9	9
3A	27.94	6.34	3.895	3.23	0.84	8.69	0.82	4	4
3B	28	5.57	3.429	2.83	0.9	8.65	0.9	43	43
4A	27.53	11.12	6.888	6.18	0.25	9.15	0.15	9	9
4B	27.48	11.75	8.178	7.48	0.22	9.32	0.2	<3	<3
5A	27.25	12.15	7.576	6.65	0.24	9.05	0.1	150	150
5B	27.41	10.84	6.742	5.85	0.25	9.01	0.22	9	9
6A	27.33	11.45	7.216	6.27	0.17	9.17	0.15	39	39
6B	27.39	10.70	6.66	5.76	0.19	9.07	0.2	75	75
7A	27.26	11.84	8.447	6.84	0.16	9.21	0.17	43	15
7B	27.09	14.09	8.811	7.81	0.13	9.17	0.12	23	23
8A	27.14	13.31	8.287	7.36	0.1	9.38	0.1	43	43
8B	27.09	15.05	9.321	8.26	0.11	9.24	0.1	1100	210
9A	27	17.15	10.73	9.62	0.12	9.59	0.13	210	210
9B	27	17.78	11.12	10.04	0.07	9.57	0.07	9	15
10A	26.84	17.59	11.06	9.97	0.04	9.5	0.03	93	93
10B	26.92	19.72	12.36	11.25	0.06	9.59	0.05	93	93
11A	27.15	22.97	14.33	13.22	0.05	9.55	0.05	43	43
11B	27.49	27.75	15.98	14.89	0.05	9.88	0.05	43	43
12A	27.07	22.80	14.26	13.15	0.05	8.93	0.05	14	14
12B	27.58	25.18	15.6	41.5	0.07	9.05	0.9	23	23
13A	27.59	28.45	17.64	16.58	0.09	9.1	0.06	43	43
13B	27.4	28.83	17.92	16.88	0.01	9.64	0.1	4	4
14A	28.33	6.17	3.767	3.12	0.6	8.69	0.8	93	93
14B	27.93	6.10	3.753	3.11	0.56	8.59	0.7	93	15
15A	27.4	9.71	6.147	5.32	0.51	8.77	0.6	39	39
15B	27.39	11.00	3.848	5.95	0.43	8.74	0.5	75	75
16A	26.92	20.77	12.47	11.84	0.46	8.89	0.44	<3	<3
16B	27.11	20.91	13.08	11.97	0.45	9.01	0.01	93	93

**Anexo 7.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en mayo.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	28.97	6.77	4.103	3.42	0.05	10.9	0.05	43	<3
1B	29.8	6.37	3.862	3.2	0.06	10.68	0.06	23	<3
2A	29.54	6.96	4.24	3.54	0.05	10.69	0.05	1100	<3
2B	28.56	6.09	3.706	3.07	0.07	10.39	0.07	93	<3
3A	28.86	7.58	4.623	3.85	0.05	9.82	0.05	150	4
3B	28.86	8.49	5.13	4.34	0.08	10.7	0.08	3	4
4A	28.97	13.77	8.312	7.3	0.05	10.74	0.05	75	4
4B	28.98	13.11	7.916	6.92	0.06	10.85	0.06	4	<3
5A	29.15	15.73	9.504	8.43	0.06	10.5	0.06	120	4
5B	29.15	15.05	9.083	8.44	0.07	10.78	0.07	<3	<3
6A	29.56	19.22	11.51	10.38	0.06	10.58	0.06	1100	<3
6B	29.36	18.42	11.05	9.94	0.05	10.32	0.05	64	9
7A	25.54	18.48	11.06	9.94	0.06	10.25	0.06	39	<3
7B	29.47	22.50	13.47	12.31	0.04	10.39	0.04	4	4
8A	29.65	25.12	14.99	13.83	0.05	10.43	0.05	4	4
8B	29.62	20.18	11.96	10.66	0.05	10.06	0.05	<3	<3
9A	29.7	20.32	12.12	10.98	0.05	10.26	0.05	9	<3
9B	29.8	25.06	14.91	13.75	0.04	10.5	0.04	4	<3
10A	29.94	25.68	15.24	14.08	0.02	10.37	0.02	20	4
10B	29.73	26.25	15.64	14.5	0.03	10.56	0.03	2400	9
11A	31.19	26.48	15.38	14.19	0.05	10.84	0.05	14	<3
11B	30.54	27.71	16.28	15.12	0.02	9.89	0.02	2400	20
12A	31.34	26.20	15.18	14.01	0.01	10.07	0.01	210	4
12B	30.49	27.33	16.08	14.93	0.02	9.77	0.02	2400	<3
13A	30.29	27.43	16.19	15.05	0.02	9.76	0.02	14	<3
13B	30.06	27.64	16.38	15.25	0.02	10.55	0.02	7	<3
14A	28.16	10.52	6.466	5.58	0.05	10.67	0.05	2400	4
14B	28.06	8.76	5.398	4.61	0.07	10.61	0.07	120	4
15A	28.69	6.16	3.756	3.12	0.05	10.29	0.05	2400	<3
15B	28.68	5.88	3.752	2.95	0.06	10.18	0.06	75	<3
16A	29.89	7.90	4.779	4.02	0.05	10.73	0.05	14	9
16B	29	7.89	4.754	4	0.07	10.72	0.07	2400	4

**Anexo 8.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en julio.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	29.78	11.85	7.058	6.11	2.37	11.28	1.77	460	240
1B	27.75	0.93	0.573	0.43	2.74	10.63	2.34	21	21
2A	28.93	1.40	0.845	0.64	3.95	11.22	3.35	240	240
2B	28.05	1.61	0.989	0.76	4.21	10.84	3.51	93	93
3A	30.11	13.10	7.757	6.76	3.62	11.36	2.12	75	75
3B	28.53	3.35	2.04	1.63	3.94	10.69	2.54	4	<3
4A	29.69	12.40	7.398	6.43	3.99	10.74	2.09	39	39
4B	29.38	9.49	5.693	4.85	3.51	10.97	1.61	15	150
5A	30.01	15.24	9.039	7.98	4.76	11.56	2.76	93	93
5B	29.44	8.34	4.999	4.22	4.24	10.59	2.14	9	9
6A	29.72	11.96	7.131	6.18	4.99	11.45	3.09	9	9
6B	29.61	12.93	7.723	6.74	4.73	11.46	2.13	4	4
7A	29.24	10.27	6.178	5.3	5.01	11.64	1.71	<3	<3
7B	29.31	9.52	5.717	4.87	4.21	11.72	1.21	4	9
8A	28.91	9.51	5.751	4.91	4.44	11.13	1.44	23	23
8B	29.15	10.88	6.552	5.64	4.15	11.81	1.25	23	23
9A	29.43	14.17	8.489	7.46	5.18	12.23	2.18	15	15
9B	29.36	13.95	8.368	7.35	5.56	11.71	2.66	7	7
10A	29.16	12.40	7.465	6.5	4.01	12.32	1.61	23	23
10B	29.21	14.24	8.57	7.54	5.43	12.01	2.83	23	23
11A	29.53	16.64	9.952	8.86	5.12	11.99	3.68	4	4
11B	29.52	17.19	10.28	9.18	4.95	11.69	3.05	15	15
12A	29.93	23.20	13.78	12.63	5.77	12	3.97	<3	<3
12B	29.85	23.40	13.92	12.77	5.45	12.48	3.15	<3	<3
13A	29.93	25.90	15.38	14.24	4.79	11.25	1.79	<3	<3
13B	29.92	26.01	15.45	14.31	5.09	11.65	2.09	3	3
14A	28.06	0.95	0.585	0.44	4.1	10.77	1	4	4
14B	27.92	0.93	0.575	0.43	2.81	10.57	0.01	<3	<3
15A	27.92	1.46	0.898	0.69	3.59	10.85	0.39	9	9
15B	27.62	1.11	0.687	0.52	4.81	10.8	1.91	9	9
16A	28.86	3.07	1.856	1.47	4.89	11.3	2.59	4	4
16B	28.26	2.14	1.308	1.02	4.9	10.87	2.6	<3	<3

**Anexo 9.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en agosto.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	30.64	2.283	1.34	1.04	6.21	12.32	2.3	93	23
1B	30.09	1.997	1.183	0.91	6.16	11.15	2	93	9
2A	30.94	10.9	6.3	5.4	5.03	13.06	2.3	7	7
2B	32.06	14.69	8.412	7.36	10.02	12.36	2.3	<3	<3
3A	31.62	12.94	7.466	6.48	9.4	12.78	3	460	240
3B	31.63	13.42	7.744	6.74	9.82	13.09	4	<3	<3
4A	31.81	13.58	7.811	6.8	6.92	13.06	4.2	<3	<3
4B	31.12	14.12	8.216	7.19	9.87	13.07	4.7	<3	<3
5A	30.67	14.16	8.303	7.27	9.55	12.65	3.8	7	3
5B	31.97	13.64	7.823	6.81	7.36	13.11	4	<3	<3
6A	31.77	15.62	8.99	7.91	10.07	12.65	3.1	4	4
6B	30.98	14.73	8.595	7.55	6.84	12.81	3.4	<3	<3
7A	32.41	15.48	8.816	7.74	6.89	13.24	3.3	3	<3
7B	31.24	14.96	8.685	7.63	6.67	13.14	3.3	<3	<3
8A	31.28	14.95	8.676	7.62	6.97	13.27	3.6	23	9
8B	32.23	16.18	9.243	8.15	6.93	12.81	3.6	3	<3
9A	32.12	15.14	8.662	7.6	6.54	12.87	3.6	9	9
9B	31.39	16.56	9.593	8.5	10.03	12.59	3.6	<3	<3
10A	30.89	16.42	9.593	8.5	10.21	12.73	0.5	<3	<3
10B	31.55	16.6	9.592	8.49	6.57	12.17	2.6	4	4
11A	30.85	10.44	6.102	5.22	5.3	12.47	3.1	<3	<3
11B	30.83	16.57	9.691	8.6	9.53	12.79	0.7	<3	<3
12A	31.68	13.79	7.951	6.93	10.01	13.06	2.8	<3	<3
12B	31.11	17.29	10.07	8.96	4.89	10.565	2.9	<3	<3
13A	30.96	17.39	10.15	9.04	5.89	12.32	2.5	<3	<3
13B	31.25	16.52	9.593	8.5	8.99	11.98	2.5	<3	<3
14A	30.09	1.997	1.183	0.91	6.16	11.15	2.2	<3	<3
14B	30.09	1.997	1.183	0.91	6.16	11.15	2.4	23	23
15A	29.91	2.598	1.544	1.21	5.54	12.19	2.2	<3	<3
15B	30.78	5.86	3.431	2.82	4.89	11.43	2.4	<3	<3
16A	30.2	3.869	2.288	1.83	5.52	12.08	1.4	<3	<3
16B	30.21	3.48	2.057	1.64	5.35	11.62	2.4	<3	<3

**Anexo 10.** Datos de los parámetros fisicoquímicos y ambientales en septiembre.

Estación	T (°C)	C (mS/cm)	SDT (g/l)	S	OD (mg/l)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)
1A	30.48	9.859	5.8	4.94	9.95	11.53	1	240	23
1B	29.82	7.349	4.374	3.65	6.75	11.62	0.6	460	23
2A	31.01	19.98	11.65	10.5	6.55	12.74	1	1100	15
2B	28.27	0.185	0.113	0.08	6.71	11.94	0.9	240	23
3A	32.08	14.95	8.563	7.5	9.5	12.8	1.2	460	23
3B	31.62	9.392	5.42	4.59	10.22	12.06	1.6	7	23
4A	31.22	19.62	11.4	10.25	10.06	13.03	1.85	23	<3
4B	31.4	19.64	11.38	10.23	9.24	13.04	2	9	<3
5A	31.1	19.75	11.5	10.35	9.57	12.99	1.9	21	43
5B	31.93	20.03	11.5	10.33	9	13	2	4	23
6A	30.66	19.65	11.53	10.38	9.42	12.87	1.3	<3	<3
6B	31.04	19.35	11.28	10.13	6.49	12.99	1.5	<3	<3
7A	30.82	19.19	11.23	10.08	9.08	12.77	1.2	23	23
7B	31.24	14.96	8.685	7.63	6.67	13.14	1.1	3	3
8A	30.64	18.65	10.95	9.81	8.54	12.75	1.8	9	460
8B	32.23	16.18	9.243	8.15	6.93	12.81	1.5	4	3
9A	30.68	19.04	11.16	10.03	9.72	12.87	1.66	15	9
9B	30.58	18.88	11.09	9.95	10.78	12.6	2.1	3	23
10A	30.9	18.9	11.14	10.01	6.94	12.63	0	3	<3
10B	30.7	18.93	11.1	9.96	10.13	12.66	0.7	23	<3
11A	30.77	19.73	11.55	10.4	7.68	13.11	1.3	23	<3
11B	30.58	19.34	11.36	10.22	10.3	12.56	0.01	<3	<3
12A	31.54	19.06	11.02	9.87	9.55	12.98	0.9	23	9
12B	30.93	19.21	11.22	10.07	11.1	11.45	1	23	3
13A	30.49	18.87	11.1	9.97	11.42	12.37	0.5	43	4
13B	30.58	19.08	11.2	10.07	9.15	12.64	0.6	23	23
14A	30.12	2.524	1.495	1.17	7.01	11.06	0.45	<3	<3
14B	30.1	2.56	1.516	1.19	11.18	11.84	0.54	<3	<3
15A	29.52	3.48	2.082	1.66	11.22	11.19	0.7	23	23
15B	30.36	8.261	4.871	4.1	11.06	11.04	0.84	23	3
16A	29.49	10.49	6.282	5.39	11.04	11.86	0.7	23	9
16B	29.75	9.356	5.575	4.74	11.4	10.499	0.79	23	4

**Anexo 11.** Media, máximos y mínimos para la temperatura y precipitación total de lluvia en la bahía de Chetumal en los meses muestreados.

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación total de lluvia (mm)
	Med	Máx	Mín	
Octubre	27.2	33.3	22.2	182.12
Febrero	24.4	29.9	18.4	31.75
Marzo	26.1	32	21.2	4.06
Abril	27.5	33.5	23.3	7.62
Mayo	28	33.3	24.3	145.04
Julio	27.8	33.1	24.1	202.19
Agosto	28.6	34.4	24.6	62.49
Septiembre	28.9	34.7	24.7	52.85

Fuente. <http://www.tutiempo.net>

**Anexo 12.** Distribución de los coliformes totales y fecales a 50 m y 300 .m

