

ESTIMACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL COMPONENTE FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA A CAUSA DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO

YENNIFER MOLANO MORA

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia

2016

ESTIMACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL COMPONENTE FISICOQUÍMICO DEL AGUA EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA A CAUSA DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO

YENNIFER MOLANO MORA

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director (a):

Diego Hernández García

Línea de Investigación:

Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales, Colombia

2016

Dedicatoria

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A ti que aunque abandonaste este plano antes de verme alcanzar esta meta fuiste mi mayor motivadora, creíste en mi cada día y seguro me observarás con amor lográndolo. "Este es solo un viaje en el que al final nos encontraremos de nuevo"

A mi maestro Diego Hernández García quien me apoyo y motivo para la culminación de este nuevo escalón profesional, a todos los maestros que sirvieron de orientadores dentro de mi proceso académico en la maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente.

Resumen

El puerto de Buenaventura es el principal puerto de comercio exterior colombiano. Su zona de influencia económica, cubre todos los departamentos de la región andina central.

La profundidad del canal actual es de 12,5 m bajo el nivel de referencia, pero existen factores tales como desembocadura de ríos y vertido de aguas residuales municipales que aportan sedimentos al canal navegable en el tramo correspondiente a la Bahía Interior, por lo cual se realizan dragados periódicamente de profundización y mantenimiento, tanto para el canal como las zonas de dársenas y maniobras (zona de muelle). Para la disposición de los sedimentos removidos en las actividades de dragado se ha delimitado un área, designada como “Botadero”, ubicada a 10 millas náuticas hacia el sur de la Boya de mar del puerto de Buenaventura. A continuación se presenta la ubicación del canal de acceso y el Botadero (Figura 0-1).

En los años 2010 a 2015 la Sociedad Portuaria regional de Buenaventura S.A. - SPRBUN S.A.- ha llevado a cabo monitoreos en faenas de dragado, tomando muestras de lodos y realizando una caracterización físico – química, se realiza el análisis de los variable (pH, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos suspendidos totales) como parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales). Buscando determinar las variaciones en los parámetros fisicoquímicos del agua de la Bahía de Buenaventura como resultado de las actividades de dragado de profundización y mantenimiento del canal de acceso en el periodo ya mencionado.

Palabras Clave: Dragado, botadero, fisicoquímicos, microbiológicos.

Abstract

The port of Buenaventura is the main port of Colombia's foreign trade. Its area of economic influence, covers all departments of the central Andean region.

The depth of the current channel is 12.5 m below the reference level, but there are factors such as river mouths and disposal of municipal sewage sludge to provide navigable channel corresponding to the Inner Bay tranche, which is periodically perform dredging depth and maintenance of both the channel areas and docks and maneuvers (spring area). For disposal of sediments removed in dredging it has defined an area designated as "Dump", located 10 nautical miles south of the buoy sea port of Buenaventura. Then the location of the access channel and Botadero (Figure 0-1) appears.

In the years 2010-2015 Regional Port Society of Buenaventura S.A. S.A.- - SPRBUN monitoring carried out in dredging tasks, taking sludge samples and performing a physical - chemical characterization, analysis is performed on the variable (pH, dissolved oxygen, temperature, total suspended solids) and physico-chemical and microbiological parameters (total coliforms and fecal coliforms). Looking determine variations in the physicochemical parameters of the water of the Bay of Buenaventura as a result of dredging and maintenance deepening of the access channel in the aforementioned period.

Keywords: Dredging, landfill, physical-chemical, microbiological.

Contenido

RESUMEN	II
ABSTRACT	III
CONTENIDO	IV
LISTADO DE FIGURAS	VII
LISTADO DE GRAFICAS	XVI
LISTADO DE TABLAS	XX
INTRODUCCIÓN	1
1 DISEÑO TEÓRICO	3
1.1 ESTIMACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL COMPONENTE FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA EN LA BAHIA DE BUENAVENTURA A CAUSA DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO	3
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2.1 ZONA DE BOTADERO	6
1.2.2 MATERIAL A DRAGAR	7
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMICA	9
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	13
1.5 JUSTIFICACIÓN	15
1.6 OBJETIVOS	18
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.7 HIPOTESIS Y VARIABLES	19
2 MARCO TEÓRICO	21
3 DISEÑO METODOLÓGICO	26
3.1 POBLACIÓN DE MUESTRA	26
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.3 DISEÑO METODOLÓGICO	28
3.3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	29
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
4.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	30

4.1.1	AÑO 2010	32
4.1.2	AÑO 2011	38
4.1.3	AÑO 2012	39
4.1.4	AÑO 2014	40
4.1.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL POTENCIAL DE HIDRÓGENO.	46
4.2	TEMPERATURA	50
4.2.1	AÑO 2010	52
4.2.2	AÑO 2011	53
4.2.3	AÑO 2012	55
4.2.4	AÑO 2014	57
4.2.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL temperatura	59
4.3	OXÍGENO DISUELTO (OD)	64
4.3.1	AÑO 2010	69
4.3.2	AÑO 2011	75
4.3.3	AÑO 2012	76
4.3.4	AÑO 2014	82
4.3.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL OXÍGENO DISUELTO	88
4.4	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	94
4.4.1	AÑO 2010	97
4.4.2	AÑO 2011	103
4.4.3	AÑO 2012	109
4.4.4	AÑO 2014	114
4.4.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES 115	
4.5	COLIFORMES TOTALES	118
4.5.1	AÑO 2010	120
4.5.2	AÑO 2011	126
4.5.3	AÑO 2012	132
4.5.4	AÑO 2014	138
4.5.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL COLIFORMES TOTALES	144
4.6	COLIFORMES FECALES	146

4.6.1	AÑO 2010	149
4.6.2	AÑO 2011	155
4.6.3	AÑO 2012	161
4.6.4	AÑO 2014	166
4.6.5	COMPARACIÓN MULTIANUAL Coliformes fecales	172
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
6	BIBLIOGRAFÍA	178

Listado de figuras

Figura 0-1-1	Ubicación del botadero y los puntos de muestreo en los años 2004 y 2005.....	2
Figura 1-1	Draga de Succión en Marcha – Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD) 6	6
Figura 1-2	Ubicación del Botadero del Dragado del Canal de Acceso de la Bahía Buenaventura	7
Figura 3-1	Ubicación de las estaciones de muestreo	27
Figura 4-1	Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010.....	34
Figura 4-2	Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010.	35
Figura 4-3	Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	36
Figura 4-4	Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	37
Figura 4-5	Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	37
Figura 4-6	Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	37
Figura 4-7	Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014.....	42
Figura 4-8	Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014.	43
Figura 4-9	Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014	44
Figura 4-10	Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014	45

Figura 4-11	Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014	45
Figura 4-12	Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014.	46
Figura 4-13	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010	71
Figura 4-14	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010	72
Figura 4-15	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	73
Figura 4-16	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	74
Figura 4-17	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	74
Figura 4-18	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	75
Figura 4-19	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012	78
Figura 4-20	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012	79
Figura 4-21	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	80

Figura 4-22	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	81
Figura 4-23	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012	81
Figura 4-24	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012	82
Figura 4-25	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014	84
Figura 4-26	Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014	85
Figura 4-27	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014	86
Figura 4-28	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014	87
Figura 4-29	Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014	87
Figura 4-30	Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014	88
Figura 4-31	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010	99
Figura 4-32	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010	100

Figura 4-33	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	101
Figura 4-34	Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	102
Figura 4-35	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010.....	102
Figura 4-36	Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010.....	103
Figura 4-37	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011	105
Figura 4-38	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011	106
Figura 4-39	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	107
Figura 4-40	Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	108
Figura 4-41	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011.....	108
Figura 4-42	Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011	109
Figura 4-43	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012	111

Figura 4-44	Distribución espacial de los Sólidos Suspendidos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012	112
Figura 4-45	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	113
Figura 4-46	Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011	114
Figura 4-47	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010	122
Figura 4-48	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010	123
Figura 4-49	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	124
Figura 4-50	Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010	125
Figura 4-51	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	125
Figura 4-52	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	126
Figura 4-53	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011	128

Figura 4-54	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011	129
Figura 4-55	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	130
Figura 4-56	Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	131
Figura 4-57	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011	131
Figura 4-58	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011	132
Figura 4-59	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012	134
Figura 4-60	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012	135
Figura 4-61	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	136
Figura 4-62	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	137
Figura 4-63	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012	137

Figura 4-64	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012.....	138
Figura 4-65	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014	140
Figura 4-66	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014	141
Figura 4-67	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014.....	142
Figura 4-68	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014.....	143
Figura 4-69	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014.....	143
Figura 4-70	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014.....	144
Figura 4-71	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010	151
Figura 4-72	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010	152
Figura 4-73	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010.....	153

Figura 4-74	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	154
Figura 4-75	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010	154
Figura 4-76	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011	157
Figura 4-77	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011	158
Figura 4-78	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	159
Figura 4-79	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011	160
Figura 4-80	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011	160
Figura 4-81	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012	163
Figura 4-82	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012	164
Figura 4-83	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012	165

Figura 4-84	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012	166
Figura 4-85	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014	168
Figura 4-86	Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014	169
Figura 4-87	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014.....	170
Figura 4-88	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014.....	171
Figura 4-89	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014	171
Figura 4-90	Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014	172

Listado de graficas

Gráfica 4-1	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010	31
Gráfica 4-2	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011	31
Gráfica 4-3	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012	31
Gráfica 4-4	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014	32
Gráfica 4-5	Media marginal parámetro pH - Año 2010.....	34
Gráfica 4-6	Media marginal parámetro pH - Año 2014.....	41
Gráfica 4-7	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010	47
Gráfica 4-8	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011	47
Gráfica 4-9	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012	48
Gráfica 4-10	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014	48
Gráfica 4-11	Media marginal pH Antes, Durante y Después del dragado – año 2010	49
Gráfica 4-12	Media marginal pH Antes, Durante y Después del dragado – año 2014	49
Gráfica 4-13	Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2010 50	
Gráfica 4-14	Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2011 50	
Gráfica 4-15	Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2012 51	
Gráfica 4-16	Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2014 51	
Gráfica 4-17	Media marginal parámetro Temperatura en función de la profundidad de muestreo - Año 2010.....	53
Gráfica 4-18	Media marginal parámetro Temperatura - Año 2011	55
Gráfica 4-19	Media marginal parámetro Temperatura - Año 2012	57
Gráfica 4-20	Media marginal parámetro Temperatura - Año 2014	59
Gráfica 4-21	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010	60
Gráfica 4-22	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011	60

Gráfica 4-23	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012	61
Gráfica 4-24	Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014	61
Gráfica 4-25	Media marginal temperatura Antes, Durante y Después del dragado – año 2011	62
Gráfica 4-26	Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la colimna de agua – año 2011	62
Gráfica 4-27	Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la colimna de agua – año 2011	63
Gráfica 4-28	Media marginal temperatura Antes, Durante y Después del dragado – año 2012.....	63
Gráfica 4-29	Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la colimna de agua – año 2012.....	64
Gráfica 4-30	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2010	65
Gráfica 4-31	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2011	66
Gráfica 4-32	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2012	66
Gráfica 4-33	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2014	66
Gráfica 4-34	Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2010.....	67
Gráfica 4-35	Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2011.....	67
Gráfica 4-36	Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2012.....	68
Gráfica 4-37	Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2014.....	68
Gráfica 4-38	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2010	89
Gráfica 4-39	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2011	89
Gráfica 4-40	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2012	90

Gráfica 4-41	Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2014	90
Gráfica 4-42	Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2010.....	91
Gráfica 4-43	Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2011.....	92
Gráfica 4-44	Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2012.....	92
Gráfica 4-45	Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2014.....	93
Gráfica 4-46	Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2010	94
Gráfica 4-47	Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2011	95
Gráfica 4-48	Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2012	95
Gráfica 4-49	Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2014	95
Gráfica 4-50	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2010.....	116
Gráfica 4-51	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2011.....	116
Gráfica 4-52	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2012.....	117
Gráfica 4-53	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2014.....	117
Gráfica 4-54	Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2010	118
Gráfica 4-55	Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2011	119
Gráfica 4-56	Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2012	119
Gráfica 4-57	Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2014	120
Gráfica 4-58	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2010.....	145

Gráfica 4-59	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2011.....	145
Gráfica 4-60	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2012.....	146
Gráfica 4-61	Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2014.....	146
Gráfica 4-62	Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2010	147
Gráfica 4-63	Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2011	147
Gráfica 4-64	Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2012	148
Gráfica 4-65	Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2014	148
Gráfica 4-66	Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2010	173
Gráfica 4-67	Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2011	173
Gráfica 4-68	Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2012	174
Gráfica 4-69	Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2014	174

Listado de tablas

Tabla 1.1	Coordenadas de los vértices del botadero (Res. 1412/95)	6
Tabla 1.2	Sectorización geotécnica del Canal de Acceso	8
Tabla 1.3	Resultados caracterización de lodos SPRBUN S.A 2010 a 2015	9
Tabla 3.1	Ubicación de las estaciones de muestreo.....	26
Tabla 3.2	Listado de las variables monitoreadas, métodos análisis y unidades de medida	29
Tabla 4.1	Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2010	32
Tabla 4.2	Prueba Post-Anova para el parámetro Potencial de Hidrógeno en función del tiempo de muestreo – Año 2010.....	33
Tabla 4.3	Análisis de comparación de medias del factor tiempo de muestreo según parámetro pH – Año 2010.....	33
Tabla 4.4	Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2011	38
Tabla 4.5	Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2012	39
Tabla 4.6	Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2014	40
Tabla 4.7	Prueba Post-Anova para el parámetro Potencial de Hidrógeno en función del tiempo de muestreo – Año 2014.....	40
Tabla 4.8	Análisis de comparación de medias del factor tiempo de muestreo según parámetro pH – Año 2014.....	41
Tabla 4.9	Comparación Multianual Potencial de Hidrógeno antes y después ...	46
Tabla 4.10	Cambio de la temperatura antes y después de la actividad de dragado	52
Tabla 4.11	Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2010	52
Tabla 4.12	Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2011	53
Tabla 4.13	Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2011	54

Tabla 4.14	Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011.....	54
Tabla 4.15	Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2012	55
Tabla 4.16	Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2012.....	56
Tabla 4.17	Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012.....	56
Tabla 4.18	Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2014	57
Tabla 4.19	Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2014.....	58
Tabla 4.20	Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014.....	58
Tabla 4.21	Comparación Multianual Temperatura antes y despues	59
Tabla 4.22	Calidad del agua para la vida acuática en función de la concentración de oxígeno disuelto	65
Tabla 4.23	Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2010 ..	69
Tabla 4.24	Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2010	69
Tabla 4.25	Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010.....	69
Tabla 4.26	Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2011 ..	75
Tabla 4.27	Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2012 ..	76
Tabla 4.28	Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2012	76
Tabla 4.29	Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012.....	77
Tabla 4.30	Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2014 ..	82
Tabla 4.31	Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2014	83
Tabla 4.32	Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014.....	83

Tabla 4.33	Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes y después	88
Tabla 4.34	Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2010.	91
Tabla 4.35	Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2011.	92
Tabla 4.36	Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2012.	93
Tabla 4.37	Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante después año 2014.	93
Tabla 4.38	Prueba ANOVA para el parámetro pH - Año 2010	96
Tabla 4.39	Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2010	97
Tabla 4.40	Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2010.....	97
Tabla 4.41	Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010	98
Tabla 4.42	Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2011	103
Tabla 4.43	Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2011.....	104
Tabla 4.44	Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011	104
Tabla 4.45	Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2012	109
Tabla 4.46	Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2012.....	110
Tabla 4.47	Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012.....	110
Tabla 4.48	Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2014	114
Tabla 4.49	Comparación Multianual SST antes y después	115

Tabla 4.50	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2010	120
Tabla 4.51	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2010	121
Tabla 4.52	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010.....	121
Tabla 4.53	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2011	126
Tabla 4.54	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2011	127
Tabla 4.55	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011.....	127
Tabla 4.56	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2012	132
Tabla 4.57	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2012	133
Tabla 4.58	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012.....	133
Tabla 4.59	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2014	138
Tabla 4.60	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2014	139
Tabla 4.61	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014.....	139
Tabla 4.62	Comparación Multianual SST antes y despues	144
Tabla 4.63	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2010	149
Tabla 4.64	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2010.....	149
Tabla 4.65	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010.....	150

Tabla 4.66	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2011	155
Tabla 4.67	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2011.....	155
Tabla 4.68	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011.....	156
Tabla 4.69	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2012	161
Tabla 4.70	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2012.....	161
Tabla 4.71	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012.....	162
Tabla 4.72	Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2014	166
Tabla 4.73	Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2014.....	167
Tabla 4.74	Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014.....	167
Tabla 4.75	Comparación Multianual Coliformes Fecales antes y después. ...	172

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
S	Superficial	1	Nivel
P	Profundidad	1	Nivel
A	Antes el dragado	1	Temporalidad
B	Durante el dragado	1	Temporalidad
C	Después del dragado	1	Temporalidad

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
y_{ij}	Variable de respuesta observada.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7
μ	Media general.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7
τ_i	Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor profundidad.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7
β_j	Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor tiempo.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7
$(\tau\beta)_{ij}$	Efecto producido por la interacción entre profundidad x tiempo.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7
ϵ_{ij}	Efecto debido al error experimental.	1	HIPOTESIS Y VARIABLES 1.7

INTRODUCCIÓN

El puerto de Buenaventura es el principal puerto de comercio exterior colombiano. Su zona de influencia económica, cubre todos los departamentos de la región andina central, donde se encuentran las ciudades más industrializadas y con mayor demanda de productos importados así como las ciudades de producción industrial y zonas agrícolas, cafetera y azucarera, productoras del volumen más alto de carga de exportación, como: Cali, Pereira, Manizales y Bogotá.

Los servicios que presta incluyen el tráfico de buques de diferente calado, en las operaciones de cargue y descargue de; gráneles, contenedores, materias primas, sólidos, líquidos, carga refrigerada e insumos en general, movilizand o actualmente, cerca de 10 Millones de Toneladas por Año (MTA). Las proyecciones de carga indican que para el año 2020, se movilizarán por este puerto cerca de 25 MTA.

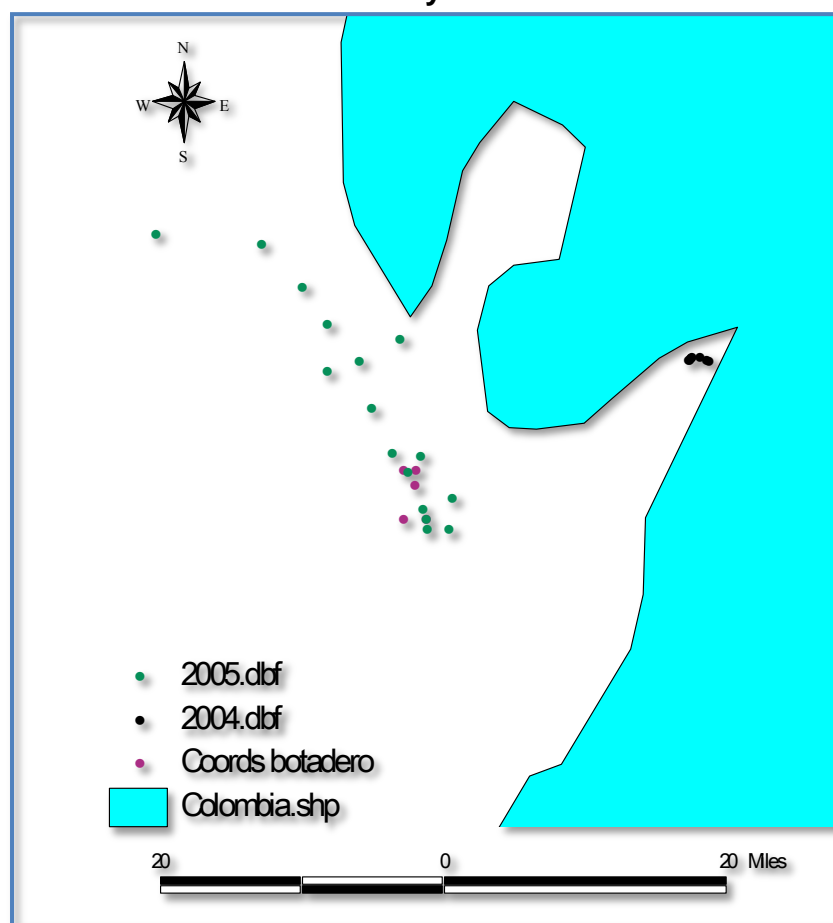
En la zona más interna de Bahía de Buenaventura, se encuentra la Isla de Cascajal, sobre la cual están edificados el puerto y la ciudad de Buenaventura. Cuenta con una longitud aproximada de 3 Km y 1,5 Km de ancho. Las orillas del costado sur son aluviales, bajas en su mayor parte y cubiertas de manglares.

El canal de acceso marítimo tiene una longitud total aproximada de 30 km. De los cuales, los 14 Km iniciales corresponden a la Bahía Interior, desde el muelle del Terminal Marítimo (0 Km) hasta La Bocana entre Punta Bazán y Punta Soldado (km 14 aprox.), en este sector las corrientes siguen el alineamiento del canal y los oleajes son de pequeña amplitud. Los 16 Km siguientes corresponden a mar abierto o Bahía Exterior, va desde La Bocana (km 14) hasta la Boya No. 1 (km 30) donde se presentan oleajes de mayor amplitud, corrientes cruzadas y vientos de costado los cuales dificultan la navegación.

La profundidad del canal actual es de 12,5 m bajo el nivel de referencia, pero existen factores tales como desembocadura de ríos y vertido de aguas residuales municipales que aportan sedimentos al canal navegable en el tramo correspondiente a la Bahía Interior, por lo cual se realizan dragados periódicamente de profundización y mantenimiento, tanto para el canal como las zonas de dársenas y maniobras (zona de muelle).

Para la disposición de los sedimentos removidos en las actividades de dragado se ha delimitado un área, designada como “Botadero”, ubicada a 10 millas náuticas hacia el sur de la Boya de mar del puerto de Buenaventura, la cual fue habilitada con base en la Resolución 0588 del 26 de Julio de 1999, expedida por el Ministerio del Medio Ambiente y autorizada por la Dirección General Marítima DIMAR – Capitanía de Puerto de Buenaventura, mediante Resolución # 009-CP1-2001 del 30 Octubre de 2001. A continuación se presenta la ubicación del canal de acceso y el Botadero¹ (Figura 0-1-1).

Figura 0-1-1 Ubicación del botadero y los puntos de muestreo en los años 2004 y 2005



Fuente: Proinsa Ltda. Estudio de impacto ambiental para el dragado de profundización a 12.5 metros del canal de acceso al puerto de Buenaventura. Cali, 2004-2005.

¹ PAREDES CRUZ, JOAQUÍN. Buenaventura La Ciudad del Pacífico. Tercera Edición. Cali: Litoalpes 1987, Pgs 78-79.

1 DISEÑO TEÓRICO

1.1 ESTIMACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL COMPONENTE FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA EN LA BAHIA DE BUENAVENTURA A CAUSA DE LAS ACTIVIDADES DE DRAGADO.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La zona intervenida correspondiente al canal está representada por las actividades portuarias, turísticas y de pesca. El dragado genera vertimientos de material sólido, líquido y semisólido. La demanda de recursos no es relevante pues no incluye extracción de materiales y altos consumos de agua.

El Proyecto se localiza en la Bahía de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca primer puerto de importancia en movimiento de los mayores volúmenes de carga del país. El puerto de Buenaventura ha servido desde las épocas coloniales, los primeros sondeos para medir las profundidades en la bahía fueron realizados por el Almirantazgo británico en 1846, y revisados en 1906. En 1918 se inició la construcción del muelle Rengifo para exportación de café y el primer dragado del canal se hizo mediante orden de La Ley 65 de 1925.

Durante el período 1963 – 1992, Colpuertos contrató dragados de mejoramiento gradual del canal de acceso, hasta llegar a 9 metros de profundidad; estos dragados fueron realizados con dragas cortadoras, depositando el material en bajos cercanos al sitio de corte. El puerto empleó sucesivamente las dragas “Calima” y “Valle del Cauca”.

Un dragado de profundización buscando llegar a 10 m, se adelantó entre diciembre de 1995 y diciembre de 1997, por la firma Dragacol S.A., operando por administración delegada la draga de tolva “Bocas de Ceniza”, de propiedad del Ministerio de Transporte, bajo un Plan de Manejo Ambiental elaborado por Incoplan S.A. aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente mediante Resolución

No. 1412 de 28 de noviembre de 1995 y con interventoría del Laboratorio de Proyectos Hidráulicos del Pacífico - Universidad del Valle (LPHP).

Entre el 2003 y 2004 se efectuó un dragado de mantenimiento con la firma Dragados Hidráulicos S.A., se realizó una relimpia de 1.200.000 m³ en la Bahía Exterior, con la draga de tolva “Cattleya” de 1.000 m³ de capacidad, más un dragado de 80.000 m³ de arenas y limos en la Bahía Interior. Durante este contrato se intentó sin éxito cortar con la draga “DHC11” del Ministerio de Transporte, las limolitas que afloran en el fondo de la Bahía Interior, en sitios diversos entre el kilómetro 2, 10 y en algunos sectores superando los 10 metros de profundidad².

Los sedimentos fueron removidos, extraídos y transportados hasta el sitio de disposición final autorizado (Botadero) por medio de la utilización de una draga de succión en marcha (Trailing Suction Hopper Dredger - TSHD). Un TSHD es un buque o motonave que tiene la capacidad de almacenar en su interior el material dragado. Los sedimentos son depositados en una bodega semi-hermetica denominada tolva o cantarás.

El proceso de dragado mediante la utilización de este tipo de draga consiste básicamente en la ejecución de ciclos de dragado, los ciclos de dragado están compuestos por tres pasos:

- Carga (dragado)
- Transporte de la carga (sedimentos)
- Vaciado o disposición final de los sedimentos removidos.

Los principales componentes de una TSHD son los siguientes:

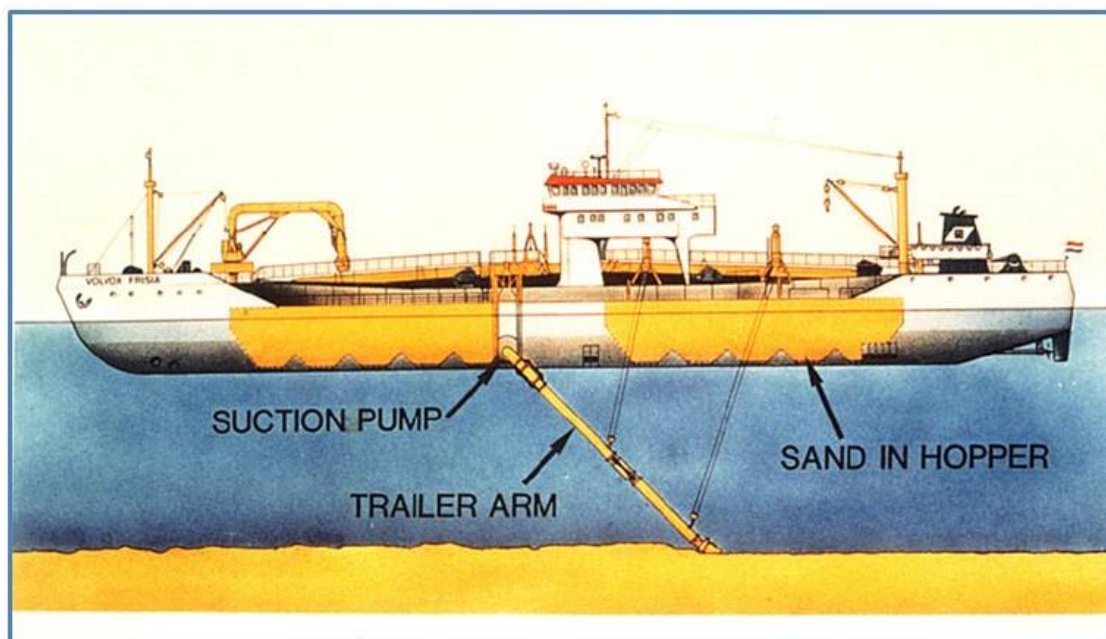
- Instalaciones para la tripulación, sala de mando, sala de máquinas, etc.
- Tubo o brazo de succión y tuberías de cubierta a través de las cuales se transporta la mezcla de sedimentos y agua hasta la tolva.
- Cabezal de dragado o cabeza de succión, conectado a la parte inferior de la tubería o brazo. Este se encarga de “atrapar” los sedimentos removidos o desprendidos mediante el uso de “dientes” especiales y/o el bombeo de chorros de agua a presión. Dependiendo del tipo de suelo a remover se selecciona el cabezal más apropiado.

² Fuente: Descripción Técnica del Proyecto. Instituto Nacional de Vías.

- Bomba de dragado, es la encargada de bombear la mezcla de sedimentos y agua desde el suelo o fondo marino hasta la tolva.
- Tolva, es la bodega de carga de la embarcación. La mezcla de sedimentos y agua es introducida en la tolva, el exceso de agua es bombeada de regreso al mar por medio del mecanismo “Overflow”, permitiendo optimizar la capacidad de almacenamiento de sedimentos sólidos en cada ciclo de dragado.

El proceso de carga de la draga TSHD implica la navegación hasta la zona de trabajo. Una vez posicionada allí baja los brazos de succión hasta alcanzar el nivel del fondo. En ese momento la bomba de dragado comienza a funcionar y el material es llevado a la tolva. Durante la operación de dragado la TSHD se mueve a muy baja velocidad. El material dragado permanece en la tolva mientras el agua sobrante de la mezcla sedimentos-agua, es evacuada mediante la utilización autorizada del “overflow” con el fin de optimizar la densidad de la mezcla en la tolva y la capacidad de almacenamiento de la misma. La draga navega cargada de material extraído del fondo marino hasta el sitio de disposición final autorizado. Este esquema de trabajo se repite en los ciclos modificando solo la zona de dragado autorizada hasta completar el objetivo del proyecto, lo que en su momento se corrobora mediante la realización de levantamientos batimétricos periódicos.

Figura 1-1 Dragadora de succión en marcha – Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)



Fuente: Plan de Manejo Ambiental, Ambiotec, 2012.

1.2.1 ZONA DE BOTADERO

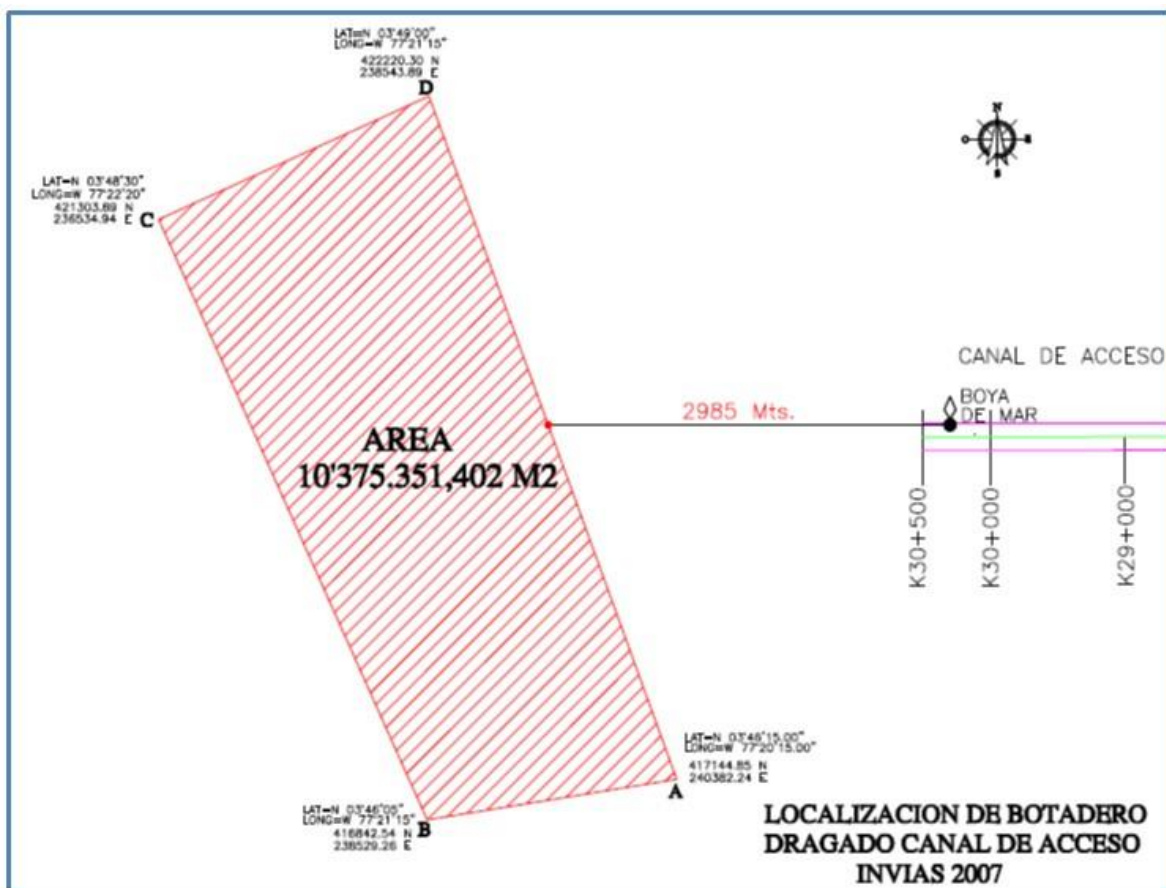
La zona de botadero se determinó desde el dragado realizado entre los años 1995 y 1997, a una distancia aproximada de 4 Km de la boya No. 1 de entrada al canal, al occidente del veril de los 20 m de profundidad y con área de 10 km² (LPHP, 1995), delimitada por los vértices descritos en la Resolución No. 1412 del 28 de noviembre de 1995, expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (Ver Tabla 1.1 y Figura 1-2).

Tabla 1.1 Coordenadas de los vértices del botadero (Res. 1412/95)

PUNTO	PLANAS GAUSS ORIGEN QUIBDO		GEOGRÁFICAS WGS 84 (DIMAR)	
	ESTE	NORTE	Longitud Oeste	Latitud Norte
	METROS	METROS		
A	971.131,40	908.733,41	77° 20' 15"	3° 46' 15"
B	969.279,94	908.426,81	77° 21' 15"	3° 46' 05"
C	967.275,80	912.881,40	77° 22' 20"	3° 48' 30"
D	969.281,64	913.802,24	77° 21' 15"	3° 49' 00"

Fuente: Resolución 1412 de 1995 ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial.

Figura 1-2 Ubicación del Botadero del Dragado del Canal de Acceso de la Bahía Buenaventura



Fuente: Descripción Técnica del Proyecto. Instituto Nacional de Vías, 2012

1.2.2 MATERIAL A DRAGAR

La información geotécnica se basa en la experiencia de los dragados efectuados en el canal durante los últimos ochenta años, lo cual comprende más de 25 perforaciones en el fondo de diversos sitios del canal, realizadas entre 1961 y 1990; investigaciones geofísicas realizadas por Alpine Ocean Seismic Survey Inc., en 1997 (tres líneas paralelas, por el eje del canal de acceso y dos laterales a una distancia de 100 m del eje; 25 secciones transversales de 1.000 m de longitud y 2 de 1.800 m, repartidas a lo largo del canal de acceso); el dragado de ocho (8) trincheras con la draga de tolva "Bocas de Ceniza" en junio de 1997; más 7 perforaciones en diversos puntos del canal, en 1997, por Hidroestudios Moffatt & Nichol.

Con base en los estudios anteriores, se han identificado en el fondo del canal cuatro estratos de materiales, de los cuales tres corresponden a sedimentos cuaternarios de fácil remoción (arenas y limos) y uno a materiales terciarios de mayor edad geológica y mayor dureza respecto a los anteriores, identificado como Limolita. De acuerdo con el tipo y características de los materiales que afloran en el fondo del mar, la zona del canal se ha dividido en tres sectores principales y en subsectores, como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Sectorización geotécnica del Canal de Acceso

SECTOR	LOCALIZACIÓN (NOTA 1)	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL
1. Exterior	Boya de mar hasta el K15 del canal	Sedimentos recientes de arenas y limos suprayaciendo materiales terciarios, los cuales se encuentran por debajo de los 14 -15 m de profundidad.
2. La Bocana	Límite anterior hasta el K12	Material terciario por encima de los 14 m de profundidad en varios tramos a lo largo del canal actual
3. Bahía Interior	K12 a K0	Estratificación del terciario evidente. En algunos tramos emergen en el fondo estuarino, mientras que en otros están recubiertos por sedimentos recientes.
3.1 Subsector A	K12 a K8	Presencia superficial de sedimentos recientes, de poco espesor, suprayaciendo los materiales terciarios, que afloran ocasionalmente.
3.2 Subsector B	K8 a K2	Afloran en la superficie del fondo actual los materiales terciarios. Esta zona se puede dividir de acuerdo con los materiales encontrados, en dos sectores cuyo límite está aproximadamente en el K7. Al Oeste de este límite, se han encontrado concreciones de diferentes formas, embebidas en una matriz predominantemente areno – limosa, bastante homogénea y en un estado medianamente denso a muy denso, mientras que al Este del límite indicado se encontraron menos concreciones sobre el material subyacente, el cual corresponde a un material de limolita duro bastante laminado.
3.3 Subsector C	K2 a K0	Se encuentra un espesor grueso, en general superior a 9 m, de material suelto suprayaciendo los materiales terciarios.

Fuente: Plan de Manejo Ambiental, Ambiotec, 2012.

En los años 2010 a 2015 la Sociedad Portuaria regional de Buenaventura S.A. - SPRBUN S.A.- ha llevado a cabo monitoreos en faenas de dragado, tomando muestras de lodos y realizando una caracterización físico – química. A continuación se presenta la información obtenida en dichos muestreos (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Resultados caracterización de lodos SPRBUN S.A 2010 a 2015

PARÁMETRO	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
pH (und)	6.92	7.00	6.88	6.90
Hg (mg/Kg)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cr +6 (mg/Kg)	7.01	4.33	5.12	4.99
Cu (mg/Kg)	35.8	31.44	41.8	61.2
Cd (mg/Kg)	0.19	0.08	0.04	<0.01
Pb (mg/Kg)	0.094	0.068	<0.066	<0.066
Zn (mg/Kg)	46.0	54.9	49.6	42.8
Hidrocarburos %	0.04	0.01	0.02	0.02
Carbono Orgánico Total %	2.98	4.75	5.04	2.60
Sulfuro Acido Volátil	3.01	2.96	3.17	2.88
Calcio (mg/Kg)	4.58	8.97	9.15	5.44

Fuente: Sociedad Portuaria regional de Buenaventura S.A. -SPRBUN S.A.-, 2010 -2015

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMICA

El origen de Buenaventura, como población, se remonta a la llegada de Vasco Núñez de Balboa en 1515, quien después de desembarcar en la Costa Caribe atravesó el Darién y llegó al que llamó Mar del Sur o Mar del Pacífico. Hechos históricos revelan que existió, desde el principio, muy poco interés por ver convertida a Buenaventura en una población propiamente dicha. Más bien se buscaba una entrada hacia el interior del territorio, hecho que marcaría por muchas décadas el destino del que es hoy uno de los puertos más importantes del país.

Para finales del siglo XIX, a pesar de todos los esfuerzos por convertirla en una ciudad desarrollada, algunos de los visitantes extranjeros mencionaron que de no ser por su potencial portuario esta población "... es sencillamente una agrupación de chozas infelices edificadas sobre pilotes". Aunque nunca se puso en duda su potencial portuario, e incluso se veía en el futuro a Buenaventura como una ciudad próspera, siempre estuvieron latentes las grandes dificultades y limitaciones geográficas para edificarla. Al respecto Gartner (2005) menciona que entre 1860 y 1880 había primero que construir el lote (rellenando el terreno) antes de construir las edificaciones. Esto da alguna idea de las condiciones geográficas que enfrentaban los pobladores al intentar establecerse en la isla.

La historia del puerto está estrechamente ligada con la historia de la ciudad. Sin embargo, siempre fueron claras las ventajas que como puerto podrían ser aprovechadas. Particularmente, fue considerado y utilizado como puerta de entrada al continente, como fortín militar con el único objetivo de continuar con la empresa conquistadora hacia el interior del país.

A través del transporte marítimo es posible transportar gran cantidad de carga a bajo costo. Con el mejoramiento gradual de los principales puertos del mundo, la apertura de otros nuevos, la modernización de la mayoría y con la construcción de barcos de mayor capacidad, este servicio de transporte de carga se ha mantenido como la mejor opción para el transporte mundial de mercancías.

Colombia por supuesto no ha sido ajena a esta realidad. La importancia del transporte marítimo de carga en el país es evidente. Según datos del Ministerio de Transporte al 2005, el 95,3% del comercio exterior se transportaba por vía marítima, 91,3% en el caso de las importaciones y 96,2% de las exportaciones. Le sigue el transporte terrestre con el 4,1% del total de comercio exterior y el restante 0,6% por vía aérea.

Este medio de transporte no sólo ha sido importante para el país desde la apertura económica de finales de los 80s y principios de los 90s, también es fundamental el papel que tendrá de ser aprobado el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos. Es por esta razón que los puertos colombianos han venido desarrollando proyectos de mejoramiento, tales como la modernización de equipos, ampliación de la capacidad de movilización de carga, dragado de los canales de acceso y, en general, la expansión de la capacidad instalada.

La actual zona portuaria de Buenaventura está conformada por 12 muelles y es compartida por la Armada Nacional y la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura. Administrativamente, el sector privado tiene una participación del 83%, y el sector público, a través de la Alcaldía municipal y el Ministerio de Transporte, participa con el restante 17%.

Dentro de las Sociedades Portuarias Regionales, el puerto de Buenaventura sobresale por su importancia en el comercio exterior del país. A través de las SPRs se movilizaron, en el 2005, 17,4 millones de toneladas, de las cuales Buenaventura participó con el 44%, movilizando más de 7,5 millones de toneladas de carga. En segundo lugar se encuentra Santa Marta con una participación del 21,8%, y Cartagena y Barranquilla con una participación similar cercana al 16%. El

puerto de Tumaco es el de menor participación en la movilización de carga con apenas 103.749 toneladas que representan apenas el 0,6% del total.

Para la economía nacional es particularmente importante el puerto de Buenaventura, si se tiene en cuenta que de las más de 7,5 millones de toneladas que movilizó en el 2005, el 70% estuvo representado en importaciones¹⁶. Dentro de los productos importados a través de este puerto se encuentran: trigo, maíz, productos químicos inorgánicos, láminas metálicas, soya, acero y otros productos químicos industriales. Según el país de origen de estas mercancías se destacan: Argentina, Chile, Perú, Canadá y China, que en conjunto representan el 58% del total de importaciones. Los demás países proveedores de mercancías son Ecuador, Japón, México, Hong Kong, Venezuela y Panamá.

Actualmente, el puerto de Buenaventura está atravesando por una de las situaciones más críticas desde su creación. Las dificultades son diversas y han venido creciendo a medida que el comercio mundial se ha vuelto más dinámico. La única dificultad ya no es el la movilización de mercancías, desde y hacia el interior del país, por el deficiente estado de las carreteras. A esta situación se han sumado problemas de capacidad para atender al mayor número de barcos que llegan al puerto, y a la imposibilidad de recibir barcos de mayor capacidad, lo cual se traduce en mayores costos.

Dentro de las principales restricciones que enfrenta el puerto se encuentran: la poca profundidad del canal de acceso, la limitada capacidad de las actuales instalaciones y la dificultad en la movilización de carga desde y hacia Buenaventura.

El problema que tiene el puerto, en cuanto a calado del canal de acceso, es que es de apenas 9,5 metros en marea baja y 11,3 metros en marea alta. Con estas restricciones, el puerto no tiene la posibilidad de recibir barcos de última generación, capaces de transportar hasta 10.000 contenedores. Sin embargo, para darle una solución a este problema, ya fueron aprobadas las obras que tienen como objetivo ampliar la profundidad del canal. El proyecto, aprobado por el Ministerio de Transporte, tiene como objetivo aumentar a 12,5 metros la profundidad, de modo que en marea alta alcance los 16 metros, lo cual permitiría el ingreso de barcos de última generación.

El segundo problema que está enfrentando actualmente el puerto es que ha alcanzado el límite de su capacidad de almacenamiento. Mientras que el nivel máximo desaprovechamiento, sin congestión, de la capacidad instalada es el 75%, Buenaventura ya superó el 80%, lo que llevará a reducir la eficiencia y productividad de la oferta de servicios en el puerto.

Con el fin de solucionar este problema se han venido planeando desde hace algún tiempo varias alternativas. La primera es la del Complejo Portuario Industrial, que consiste en la ampliación del puerto actual, con un muelle multipropósito y una zona de abastecimiento de combustibles. Sin embargo, esta es una solución de corto plazo, dado que las instalaciones del puerto se encuentran dentro de la ciudad, lo que hace muy limitada la posibilidad de expansión.

La segunda alternativa es la construcción de un nuevo complejo portuario frente a las actuales instalaciones. El Puerto Industrial Aguadulce no será sólo un puerto sino también un parque industrial, en donde le sea posible a las compañías importadoras aumentar el valor agregado de sus productos con fines de exportación. Según las proyecciones el complejo tendría capacidad de movilizar unas 15 millones de toneladas al año, y estaría vigente por cerca de 30 años.

A este mismo respecto existe una tercera alternativa, que resulta complementaria a las dos anteriores. Desde hace varios años se ha venido hablando de la necesidad de un puerto de aguas profundas en el Pacífico colombiano, con el cual el país se pondría a la altura de los que muy amablemente facilitó la información sobre éste nuevo complejo portuario. Este puerto industrial estará especializado en el manejo de carbón y petróleo. El proyecto es tan promisorio que existe un especial interés de los grandes operadores portuarios en este puerto del Pacífico latinoamericano, capaz de recibir los barcos de mayor tamaño y capacidad. Bahía Málaga, también en Buenaventura, es uno de los lugares que cuenta con todas las características técnicas necesarias para convertirse en puerto de aguas profundas. Dentro de las ventajas está su profundidad de 14 metros y poca sedimentación. Dentro de las desventajas está el daño ambiental que se prevé en la zona, que según algunos ecologistas destruiría el 70% de los recursos naturales en cerca de 20 años.

El tercer problema que enfrenta actualmente el puerto es la restringida movilización de carga desde y hacia Buenaventura. El tránsito restringido y el cierre de vías causado por los constantes derrumbes en la carretera, hicieron que hace algunos meses la capacidad de almacenamiento del puerto colapsara. Y

aunque existe la alternativa férrea, el transporte de carga a través de este medio se demora el doble de tiempo en comparación con el de la carretera.

Tres alternativas se tienen previstas con el fin de solucionar este problema. La primera, y que ya está en marcha, es la doble calzada de la vía Buga-Buenaventura, la cual facilitará el tránsito de la carga pesada y descongestionará la actual vía de acceso al puerto. Esto redundará en reducción de costos, no sólo de movilización, sino de almacenamiento de las mercancías. La segunda alternativa es la optimización del transporte férreo, para lo cual el Gobierno tiene prevista la revisión del contrato de concesión. Una tercera alternativa es la ampliación del actual aeropuerto, el cual tiene capacidad únicamente para recibir aviones pequeños de 20 o 25 pasajeros.

Estos acontecimientos recientes dejan ver claramente que, aunque han tenido que pasar varios años desde las primeras solicitudes de mejoramiento del puerto, se han iniciado obras significativas que se verán reflejadas en una mayor competitividad a nivel internacional. El único interrogante que queda es el de ¿cómo se verán reflejados todos estos acontecimientos económicos en la situación social de los habitantes de Buenaventura? El reto para las autoridades locales y nacionales es el de diseñar y aplicar mecanismos de control que permitan que la población se vea beneficiada de estas grandes inversiones. Es imprescindible que se realicen inversiones en capital social que se vean reflejados en el aumento del bienestar de la población. (Pérez V., 2007)

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Las actividades de dragado han sido empleadas como una medida de mantenimiento a lechos de cuerpos de agua para el mejoramiento de su navegabilidad, las mediciones de las características fisicoquímicas y microbiológicas se han realizado desde siempre para contar con parámetros que permitan conocer el estado natural de las áreas a intervenir así como la existencia de vida acuática y como estos serían afectados con las intervenciones que se planean en cada proyecto según sea su finalidad y el alcance que se pretenda. En estudio realizado por el gobierno de España en el año 2015, dirigido por el Ingeniero D. Carlos Gil Villar "Dragado Ambiental de los sedimentos de la Ría de o Burgo A Coruña" Propuesta de Gestión de los Materiales a Dragar se tiene especial cuidado con el muestreo de los metales pesados con datos de varias estaciones con diferentes profundidades de muestreo concluyendo resultados con

niveles por encima de los permitidos, la finalidad de este estudios es disminuir dichos niveles de concentración.

En el Estudio de Impacto Ambiental Dragado para la Extensión del Canal de Acceso hasta Puerto Cuatrerros, Provincia de Buenos Aires; se presenta especial atención como las comunidades faunísticas identificadas en los estudios y monitoreos, existentes en el lecho marino y el cómo se podrían ver a afectadas por la producción de sedimentos en el proceso de realización de actividades de sedimentos, evento que no se tiene en cuenta en Colombia al no existen reglamentación al respecto.

En el Estudio de Impacto Ambiental para el Dragado en el Estero Jeli elaborado en el año 2013 tenía como objetivo identificar las unidades ambientales sensibles existentes en la zona para proyectar actividades de dragado para el mejoramiento de la navegabilidad en el estero, en este se concluye que es necesario tener especial manejo con la producción y aporte de sedimentos producto de las actividades de dragado a medio natural existente en las áreas de proyecto. En este se presenta una característica particular y es que debido a la poca profundidad las embarcaciones han llevado al deterioro constante el estero ya que con las hélices se realiza movimiento permanente de sedimentos lo que sin lugar a dudas genero afectaciones a las características de agua y los organismos que habitan en este ambiente.

Cormacarena elaboró el estudio de impacto ambiental actividad de mantenimiento y limpieza del canal navegable del río Magdalena en los sectores: puerto salgar – barranquilla, canal de acceso y canal del dique en el año 2004, este con el fin de garantizar la navegabilidad del río en este se determinó que las afectaciones resultantes se consideraban de carácter temporal y que no resultan en una condición de riesgo para las poblaciones de fauna y flora. Se reconoce una afectación debido a la generación de sólidos suspendidos totales y la afectación en cuanto a las poblaciones de peces y se propone de igual forma manejo realizando las actividades de dragado en la temporada de aguas crecientes lo que garantiza que no se encuentre en época de migración de peces, de otro lado nos e menciona la afectación de calidad del agua y sus componente fisicoquímicos y microbiológicos.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la variación de los resultados obtenidos para los monitoreos físicoquímicos y microbiológicos para el periodo comprendido entre 2010 a 2014 antes y después de la intervención (dragado) se realiza en análisis de los variable (pH, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos suspendidos totales) como parámetros físicoquímicos y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales). Buscando determinar las variaciones en los parámetros físicoquímicos del agua de la Bahía de Buenaventura como resultado de las actividades de dragado de profundización y mantenimiento del canal de acceso en el periodo ya mencionado. Con base en este análisis histórico determinar parámetros de cambio, cumplimiento de normatividad vigente que regulan las condiciones ambientales.

Este estudio se podrá emplear como referente de los cambios ocasionados en las condiciones del agua en los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y emplearlos como mecanismo de planeación para posteriores intervenciones. Buscando determinar el cumplimiento de los parámetros reglamentados mediante el Decreto 3930/2010 sobre el uso del agua y residuos líquidos.

La normatividad vigente aplicable al dragado de la sección de acceso del puerto de Buenaventura es:

- Recursos Naturales Renovables, la Protección del Medio Ambiente y su Administración.
- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la Gestión y Conservación el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables.
- Decreto 1220 de 2005, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
- Decreto 3930 de 2010, sobre el uso del agua y residuos líquidos.
- Decreto 1753 de 1994, por el cual se reglamenta parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias y estudios ambientales.
- Decreto 1865 del 1994, mediante el cual se regulan los planes regionales ambientales de las Corporaciones Autónomas Regionales y las de desarrollo y su armonización con la gestión ambiental.
- Decreto 948 de 1995, reglamentario de las Leyes 23 de 1973, 9 de 1979 y 99 de 1993 sobre protección de la calidad del aire.
- Resolución 898 de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso

comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.

- Resolución 1351 de 1995, por la cual se adopta la declaración denominada “Informe de Estado de Emisiones”.
- Resolución 627 del 7 de Abril de 2006, por la cual se establece la norma nacional de ruido y ruido ambiental.
- Resolución 005 de 1996, que reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones.
- Decreto 1791 de 1996, por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
- Resolución 0541 de 1994, por la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Resolución 655 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, mediante la cual se establecen los requisitos y condiciones para la solicitud y obtención de la Licencia Ambiental establecida en el artículo 132 del Decreto - Ley 2150 de 1995.
- Resolución 1602 de 1995, por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia.
- Resolución 020 de 1996, mediante la cual se aclara la Resolución 1602 del 21 de diciembre de 1995 y se dictan otras disposiciones.
- Decreto - Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Decreto 1449 de 1977, sobre las obligaciones de los propietarios en relación con los recursos naturales renovables.
- Decreto 622 de 1977, Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- Decreto 877 de 1976, sobre áreas de reserva y uso del recurso forestal.
- Decreto 1541 de 1978, reglamentario sobre aguas no marítimas.
- Decreto 1608 de 1978, reglamentario sobre fauna silvestre.
- Decreto 1681 de 1978, reglamentario sobre recursos hidrobiológicos (no pesqueros).
- Decreto 1715 de 1978, reglamentario sobre protección del paisaje.
- Decreto 2857 de 1981, reglamentario sobre cuencas hidrográficas.

Contaminación Marina

- Ley 10 de 1978, la cual dicta las normas sobre el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental.
- Decreto 1874 de 1979, mediante el cual se crea el cuerpo de guardacostas y se le asignan funciones.
- Decreto 1875 de 1979, el cual trata el tema de la prevención de la contaminación del medio marino.
- Decreto 1876 de 1979, adopta medidas en materia de recursos naturales marinos.
- Decreto 1877 de 1979, establece las normas para el aprovechamiento integral de los recursos marinos.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las variaciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua a causa del dragado de profundización y mantenimiento del canal de acceso al puerto de Buenaventura en el periodo comprendido entre el año 2010 al 2014.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el estado de las variables fisicoquímicas y microbiológicas.
- Determinar la dinámica de la dispersión de contaminantes y de los factores de la calidad del agua en la Bahía de Buenaventura durante las labores de dragado.

Analizar los resultados obtenidos en las muestras de agua con los estándares nacionales establecidos en el 79 del Decreto 3930/2010 – “de los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas”.

1.7 HIPOTESIS Y VARIABLES

El análisis y posterior comparación del efecto del dragado en la bahía de Buenaventura, se efectuó mediante un diseño experimental factorial con dos (2) factores (profundidad y tiempo). El factor profundidad posee dos niveles: superficial (S) y 75% de profundidad en la columna de agua (P); y el factor correspondiente a la línea de tiempo tendrá tres niveles: tiempos en que se realizarán los tres muestreos, es decir, antes del dragado (A), durante el dragado (B) y después del dragado (C).

El modelo matemático asociado a este diseño es de la forma:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = Variable de respuesta observada.

μ = Media general.

τ_i = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor profundidad.

β_j = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor tiempo.

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto producido por la interacción entre profundidad x tiempo.

ϵ_{ij} = Efecto debido al error experimental.

Asegurar la objetividad de los resultados comprende (1) el análisis de la calidad de los datos, (2) el análisis de la información en sí misma y (3) la interpretación de los resultados a través de herramientas gráficas. El análisis de la calidad de los datos se realizará con el soporte del software estadístico SPSS para Windows.

Hipótesis a probar:

- **Hipótesis de interacción:** Esta es la primera que debe probarse, la significancia de la interacción:

$$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad \forall ij \text{ (no hay interacción entre factores y niveles)}$$

$$H_a: (\tau\beta)_{ij} \neq 0 \quad \forall ij \text{ (hay interacción entre factores y niveles)}$$

- **Hipótesis de efectos principales:**

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 \quad Vs \quad H_a: \tau_1 \neq \tau_2$$
$$H_0: \beta_1 = \beta_2 \quad Vs \quad H_a: \beta_i \neq \beta_j \quad \forall i \neq j$$

Si existe interacción entre profundidad y tiempo los resultados de las pruebas de hipótesis de efectos principales no tienen relevancia debido a que existe dependencia entre los niveles de los factores. Las pruebas de los efectos principales sólo tienen sentido cuando no existe interacción entre los factores, por lo tanto la prueba de interacción se realiza primero.

Pruebas de significancia: Se utilizara un análisis de varianza para la evaluación del experimento según las variables respuestas tomadas en cada una de las estaciones de monitoreo.

Se trabaja con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$); es decir, en las pruebas Post-Anova de comparación de medias (Tukey), se admite que hay diferencias significativas entre medias de cada nivel del factor, si el valor de p-value es $< 0,05$; se deduce que hay diferencias entre tratamientos con una confianza mayor a 90%. Es decir, de acuerdo a la profundidad hay cambios en el nivel de calidad del agua. Sólo si $p\text{-value} < 0,05$ y al tener sólo dos niveles no es necesario realizar pruebas post-anova.

2 MARCO TEÓRICO

El dragado es una excavación que consiste en la extracción de material sólido que se encuentra depositado en el fondo del cuerpo de agua, con equipo especializados (Dragas), existen variedad de estos equipos siendo las más empujadas las barredoras, succión simple de cangilones y de tolva. Para el dragado del acceso al puerto³ de Buenaventura se utiliza una draga de tolva que consiste en un barco convencional dotado de brazos de succión suspendidos a ambos lados y conectados directamente a las bombas colocadas dentro del casco por el que se succiona el material extraído del fondo marino, que es almacenado en los compartimentos que constituyen las tolvas. El material extraído por la draga es depositado en la zona de botadero autorizada por la autoridad ambiental que se muestra en la Figura 1-2., el dragado se realiza con un patrón que corresponde a ocho (8) días de dragado y tres (3) días de mantenimiento en puerto, la jornada de dragado por día es de veinticuatro (24) horas en cuatro turnos de seis (6) horas cada uno y cada ciclo operacional consta de remoción de sedimentos que se han almacenado en la tolva, navegación hasta el botadero, descarga de sedimentos en el botadero y finalmente navegación hasta el área de dragado.

Los materiales que se dragan en el puerto de Buenaventura se identifican con base en la información de los dragados efectuados en el canal durante los últimos ochenta años, más de 25 perforaciones en el fondo en diversos sitios del canal, realizadas entre 1961 y 1990; investigaciones geofísicas realizadas por Alpine Ocean Seismic Survey, Inc. en 1997 (tres líneas paralelas, por el eje del canal de acceso y dos laterales a una distancia de 100 m del eje; 25 secciones transversales de 1.000 m de longitud y 2 de 1.800 m, repartidas a lo largo del canal de acceso); el dragado de ocho (8) trincheras con la draga de tolva “Bocas de Ceniza” en junio de 1997; más 7 perforaciones en puntos diversos del canal, en 1997, por Hidroestudios Moffatt & Nichol.

El Contratista debe prever la presencia de material duro con base en el juicio que se forme del análisis de la información existente y de aquellas investigaciones que realice por su cuenta. Los resultados de las investigaciones geotécnicas están a disposición del Contratista para su examen. Estos informes se designan como se indica a continuación:

³ El lugar de la costa o ribera habilitado como tal para la recepción, abrigo y atención de embarcaciones, compuesto por el recinto portuario, zona de desarrollo, accesos y áreas de uso común.

- Hidroestudios, Moffatt & Nichol. Octubre 6 de 1997. Estudio de factibilidad y diseños para la profundización del canal de acceso al puerto de Buenaventura. FASE 2 – ANEXOS:
- H-MV Ingenieros, Moffatt & Nichol, Mayo de 2006. Revisión y actualización del estudio y diseño de la profundización del canal de navegación del puerto de Buenaventura. Informe Final.

Con base en los anteriores estudios, se han identificado en el fondo del canal cuatro estratos de materiales, de los cuales tres corresponden a sedimentos cuaternarios de fácil dragabilidad (arenas y limos) y uno a materiales terciarios de mayor edad geológica y mayor dureza respecto a los anteriores, identificado como limolita.

En mayo de 2006 se practicó un nuevo examen al material de limolita, por parte de las firmas H-MV y Moffatt & Nichol International. La conclusión es que el material duro es muy similar al encontrado en la bahía de Los Ángeles (USA), conocido allí como “Malaga Mudstone”. Es un limo duro y seco que incluye estratos, lentes y concreciones rocosas. Los lentes y las concreciones rocosas aparecen distribuidas al azar dentro de una matriz dura y seca.

De acuerdo con los datos de las batimetrías realizadas por la SPRBUN S.A. en la zona de botadero durante los años 2005 a 2009, se encuentra que la profundidad del sitio de disposición no ha tenido una afectación considerable, pues el fondo marino conserva su morfología a pesar de que en este sitio se han dispuesto los residuos de los dragados realizados en la zona tanto por el INVIAS como por la SPRBUN S.A. esto confirma lo afirmado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) en el concepto técnico del año 2001 donde se afirma que “el botadero propuesto tiene el declive hacia el mar abierto y está situado fuera de la prolongación del eje del canal, por lo cual no se espera la devolución del material hacia el canal interior” y que la capacidad del sitio como receptor se ve favorecida por las profundidades “que son suficientes para almacenar todo el volumen de dragado”.

El canal de acceso al puerto de Buenaventura tenía profundidades inferiores a 9 metros tanto en su canal interior como exterior, que restringían el acceso de embarcaciones a los diferentes terminales. Con la primera fase del dragado de profundización ejecutado, se llevó el canal en la bahía interna a 12.5 metros removiendo los afloramientos de la roca limolita y en la bahía externa hasta una profundidad de 10.5 metros. Con lo anterior se aumento en 5 pies la disponibilidad

de calado para la entrada de buques. El dragado se culminó a finales del 2007. El costo de la inversión de esta primera etapa fue de 81 mil millones de pesos. Se removieron en total 5.344.040 m³ (3.189.040 m³ en la bahía interna, 2.155.000 m³ en la bahía externa).

Mediante el uso de equipos de última generación, (dragas de corte y de succión), se logra la minimización de los impactos ambientales previstos, evitando la resuspensión de sedimentos a la parte superficial de la columna de agua, turbulencia en el flujo y se reduce al mínimo la turbiedad, produciendo sedimentación en la tolva y a si mismo se facilita la descarga en los sitios de disposición autorizados.

En general las afectaciones asociadas con el dragado de profundización y mantenimiento del canal de acceso al puerto de Buenaventura, está referido a impactos de ámbito local, reversible a corto y mediano plazo. La única afectación de carácter permanente corresponde a la adecuación morfológica de la sección del canal.

La modificación continua de las condiciones morfológicas de la sección del canal ya sea de tipo profundización o mantenimiento podría afectar las condiciones hidrobiológicas y fisicoquímicas de las aguas del área de intervención, es de considerar que las modificaciones con respecto a las ultimas verificaciones resultarían menores en comparación con las modificaciones al inicio de las actividades del puerto.

Las condiciones físicas en el puerto de buenaventura, este no es propiamente una bahía sino el principal estero, al cual confluyen otros menores. Los esteros son cauces de agua salada por donde circulan las corrientes de flujo y reflujo de las mareas. Carecen de hoya, se van angostando y perdiendo profundidad paulatinamente y son ciegos en su extremo superior.

Los ríos descargan en el sistema de esteros y allí las partículas coloidales se floculan al entrar en contacto con el agua salada. En la desembocadura del Dagua se forma una “mezcla con propiedades coloidales” de material floculado que avanza por el fondo hasta el Terminal Marítimo.

El flujo de las mareas ejerce un control sobre el flujo del río en el estero y lo represa. Estos corren hacia arriba hasta que la marea comienza a bajar. El refluo es el que mantiene abiertas las bahías, pues sale el agua salada que entró más la dulce que quedó represada. En los grandes ríos el agua salada penetra por el fondo, en algunos casos hasta cientos de kilómetros, por lo que se denomina la “cuña salina”.

Las afectaciones de tipo social se muestran como positivas al generar mejoras a la economía regional y en consecuencia en el nivel de vida para la población urbana y rural de Buenaventura y su entorno socio económico.

Boya: Esta indica el canal de acceso al puerto.

Buque: Embarcaciones de mayor calado, son de acero.

Calado: Medida de profundidad alcanzada por el buque.

Carga a granel líquido: Es la carga constituida por sólidos o gases que vienen sin empaque o envase y no pierden su condición en ningunas de las distintas fases de la operación portuaria.

Carga a granel sólido: Carga constituida por sólidos que vienen sin empaque o envase y no pierden su condición en ninguna de las distintas fases de la operación portuaria.

Dragado. En un ambiente acuático, la disgregación y extracción de suelo de un lugar, su elevación, transporte y deposición en otro lugar respetando en todo el proceso las limitaciones ambientales.

Ambiente acuático se refiere a que el dragado se puede efectuar en el mar, en estuarios, en ríos, en lagos, en embalses. Los sedimentos a extraer se encuentran bajo agua a profundidades variables desde pocos metros de profundidad hasta más de 100m de profundidad. El incremento de la profundidad a la que se realizan operaciones de dragado es una de las características de los últimos años y ha tenido un gran efecto sobre el diseño de las dragas. La disgregación del material se efectúa por diversos medios de acuerdo al tipo de draga. La elevación del material desde el fondo hasta la superficie se puede realizar por medios mecánicos o hidráulicos de acuerdo al tipo de draga que se utilice. El transporte del material dragado puede realizarse por tuberías, mediante la cántara de la draga o con barcazas. Las limitaciones ambientales están dadas por las

condiciones de los materiales a dragar y por las características del medio acuático. Hay una tendencia mundial muy fuerte a extremar las precauciones para no producir impactos ambientales desfavorables. El dragado de sedimentos no contaminados, en general, no produce impactos ambientales significativos, no obstante lo cual hay que hacer un esfuerzo muy grande para demostrarlo.

Muelle: Es un andén o pared edificada en la orilla del mar, río o lago para permitir el atraque, cargue y descargue de una embarcación.

Superintendencia Regional de Puertos: Es la entidad oficial, que controla las sociedades portuarias que se les otorgó en concesión, los puertos del país.

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 POBLACIÓN DE MUESTRA

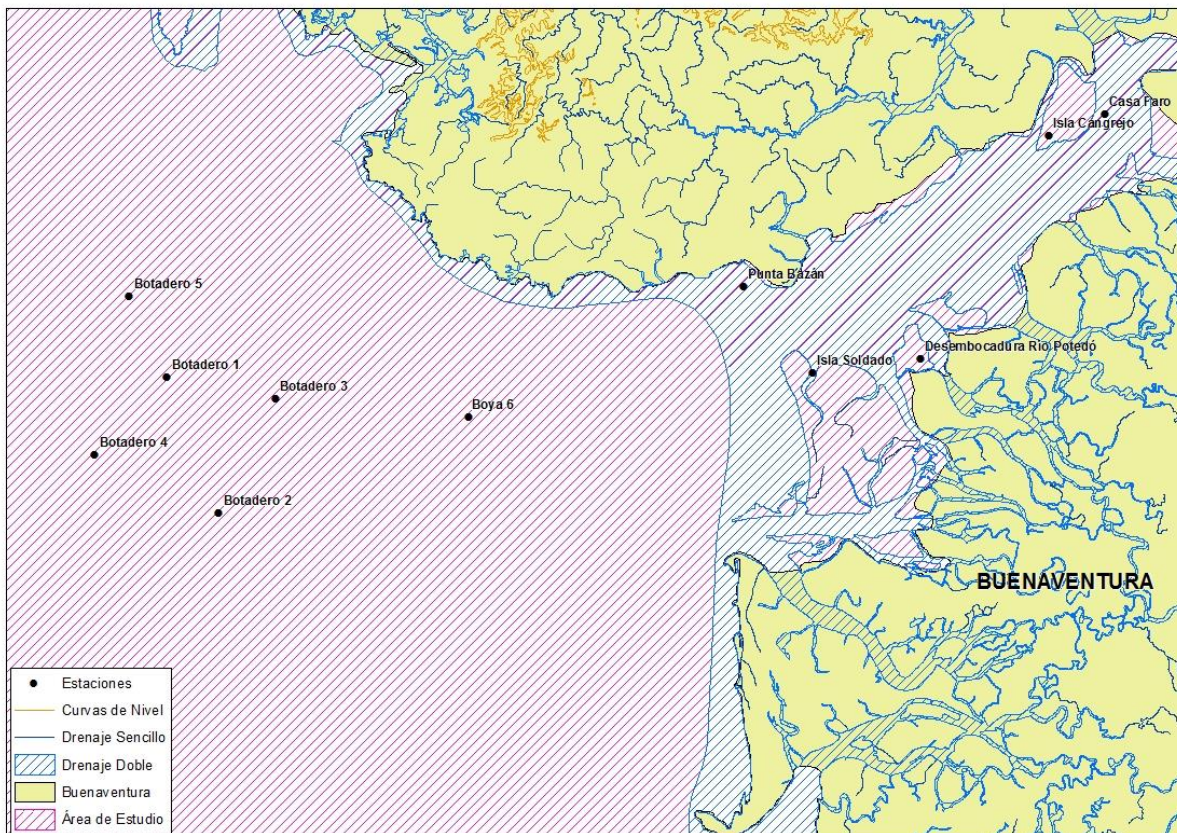
A continuación se reporta la ubicación de las estaciones de muestreo seleccionadas para el análisis de datos (Tabla 3.1 y Figura 3-1).

Tabla 3.1 Ubicación de las estaciones de muestreo

ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN	
Casa Faro	665197,047	921548,826
Isla Cangrejo	663406,731	920862,853
Desembocadura Río Potedó	659299,656	913711,359
Isla Soldado	655852,622	913273,817
Punta Bazán	653659,019	916035,551
Boya 6	644862,056	911852,827
Botadero 1	635243,093	913123,247
Botadero 2	636907,844	908796,433
Botadero 3	638714,342	912436,074
Botadero 4	632943,762	910658,156
Botadero 5	634047,221	915730,7

Fuente: Sociedad Portuaria regional de Buenaventura S.A. -SPRBUN S.A.-, 2010 -2015

Figura 3-1 Ubicación de las estaciones de muestreo



3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Al abordar el problema de investigación se establece que el método investigativo adecuado para lograr obtener los resultados para el análisis esperado corresponde a una investigación tipo cuantitativo, experimental que sugiere cinco etapas a saber (teoría, hipótesis, recolección de datos, análisis de datos y resultados) en la que a su vez se presentan las etapas de deducción, operacional, procesamiento de datos, interpretación de datos e inducción. En la presente investigación se establecen dos hipótesis a probar que se muestran a continuación:

- **Hipótesis de interacción:** Esta es la primera que debe probarse, la significancia de la interacción:

$$H_0: (\tau\alpha\beta)_{ij} = 0 \forall ij \text{ (no hay interacción entre factores y niveles)}$$

$$H_a: (\tau\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \forall ij \text{ (hay interacción entre factores y niveles)}$$

- **Hipótesis de efectos principales:**

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 \quad Vs \quad H_a: \tau_1 \neq \tau_2$$
$$H_0: \beta_1 = \beta_2 \quad Vs \quad H_a: \beta_i \neq \beta_j \quad \forall i \neq j$$

Si existe interacción entre profundidad y tiempo los resultados de las pruebas de hipótesis de efectos principales no tienen relevancia debido a que existe dependencia entre los niveles de los factores. Las pruebas de los efectos principales sólo tienen sentido cuando no existe interacción entre los factores, por lo tanto la prueba de interacción se realiza primero.

Para esta se emplea como población de muestra las once (11) estaciones de muestreo que se observan en la Figura 3-1 y que corresponde a una muestra no probabilística ya que no se eligieron al azar.

3.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Durante las faenas de dragado la SPRBUN S.A. aplica un programa de seguimiento y monitoreo, antes durante y después de los dragados para determinar la variación de niveles contaminantes en agua de la bahía. La selección de los parámetros de muestreo por parte de la SPRBUN se realizó de acuerdo con los requerimientos por parte de la Autoridad Ambiental. Las técnicas de muestreo y análisis corresponden a las disposiciones reglamentadas en el Decreto 3930 de 2010, en el Artículo 45, complementado con lo recomendado por la O.P.S. en el documento "Técnicas Básicas y Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental en el Medio Marino".

El análisis se realizó con la información colectada en 11 estaciones para los años 2010, 2011, 2012 y 2014. El criterio de selección se basó en la repetitividad, garantizando que las estaciones en las que se realizaron los muestreos fueran las mismas en el tiempo, y la homogeneidad de los parámetros, es decir, que los parámetros físico-químicos evaluados fueran comunes en las estaciones de muestreo.

3.3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se utilizaron principalmente las variables relacionadas con la calidad del agua como variables respuesta (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Listado de las variables monitoreadas, métodos análisis y unidades de medida

TIPO VARIABLE	NOMBRE VARIABLE	MÉTODO	UNIDAD DE MEDIDA
Físico-químicos	pH	Potenciométrico	Unidad
	Oxígeno disuelto	Membrana permeable	mg/l
	Temperatura	Electrométrico	°C
	Sólidos Suspendidos Totales	Gravimetría	mg/L
Microbiológicos	Coliformes fecales	Números más probable filtración por membrana	NMP
	Coliformes Totales		NMP

Para el análisis de datos se empleó software de acceso libre IBM SPSS Statistics 19 que es un sistema global para el análisis de datos, este adquiere datos de casi cualquier tipo de archivos de programas utilizados para informes tabulares, gráficos y diagramas de distribución y tendencia, estadísticos descriptivos y análisis estadísticos complejos.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados:

4.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH se define como la relación entre la concentración de iones Hidrógeno (H+) y Oxihidrilos (OH-), los cuales confieren las características de alcalinidad o de acidez a una solución.

El pH del agua de los mares y océanos tiene más importancia que el de agua dulce, ya que sus fluctuaciones rápidas e inesperadas pueden tener consecuencias desagradables para la fauna y la flora, al influir en algunos fenómenos químicos y biológicos.

En condiciones naturales, el agua oceánica se caracteriza por ser alcalina presentando valores de pH entre 7,4 y 8,0, los cuales varían de acuerdo a los niveles de contaminación y a la temperatura del lugar donde se realice dicha medición principalmente, también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos.

En lo que respecta al cambio del pH de las aguas por culpa de la contaminación, este es uno de los grandes problemas que se presenta hoy en día en ríos y lagunas de todo el planeta, dañando la vida animal y vegetal que exista en ella.

Otro ejemplo de los cambios de pH de los ríos, mares y lagunas es debido al aumento de la temperatura, lo que hace que el pH disminuya y las aguas tiendan a la acidez. Lo anterior, demuestra la importancia que presenta este parámetro sobre el metabolismo y los procesos fisiológicos de todos los organismos acuáticos.

Al analizar los valores multianuales del pH antes y después de las actividades de dragado, se observó que los resultados de pH en las once (11) estaciones de monitoreo, se encuentran dentro del límite permisible por la legislación colombiana de 6,5 – 8,5 para preservación de flora y fauna en aguas marinas o estuarinas, establecido en el 79 del Decreto 3930/2010 – “de los criterios de calidad

admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas”.

Gráfica 4-1 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010



Gráfica 4-2 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-3 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-4 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014



De la Gráfica 4-1, Gráfica 4-2, Gráfica 4-3 y la Gráfica 4-4, se concluye que la actividad de dragado no genera un impacto ambiental a largo plazo en cuando al parámetro de pH.

Al realizar el análisis ANOVA para el parámetro pH en cada año muestreado, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1 AÑO 2010

Tabla 4.1 Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2010

Variable Dependiente: pH					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	3,016 ^a	5	0,603	29,575	0,000
Intercept	3488,001	1	3488,001	171031,233	0,000
Tiempo muestreo	2,860	2	1,430	70,126	0,000
Profundidad	0,155	1	0,155	7,608	0,008
Tiempo muestreo* Profundidad	0,000	2	0,000	0,007	0,993
Error	1,224	60	0,020		
Total	3492,240	66			
Corrected Total	4,239	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que existen diferencias significativas entre las variables: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación:

Tabla 4.2 Prueba Post-Anova para el parámetro Potencial de Hidrógeno en función del tiempo de muestreo – Año 2010

Variable Dependiente: pH							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I- J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	0,4682	0,04306	0,000	0,3647	0,5717
		Durante	0,0591	0,04306	0,362	-0,0444	0,1626
	Después	Antes	-0,4682	0,04306	0,000	-0,5717	-0,3647
		Durante	-0,4091	0,04306	0,000	-0,5126	-0,3056
	Durante	Antes	-0,0591	0,04306	0,362	-0,1626	0,0444
		Después	0,4091	0,04306	0,000	0,3056	0,5126

Los resultados obtenidos de la Tabla 4.2 son clasificados con el fin de observar las diferencias que se presentaron en cuanto al factor tiempo de muestreo, dicha clasificación permitirá identificar entre que tiempos de muestreo se presentaron diferencias significativas.

Tabla 4.3 Análisis de comparación de medias del factor tiempo de muestreo según parámetro pH – Año 2010

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
pH p - value = 0,000	Después	6,9773	C
	Durante	7,3864	B
	Antes	7,4455	B

En la Tabla 4.2 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre el tiempo de muestreo: Después (A), con respecto a los tiempos de muestreo: Durante y Antes (B).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre algunos tiempos de muestreo, se observó que la actividad de dragado no generó un cambio significativo del pH en la Bahía de Buenaventura.

Gráfica 4-5 Media marginal parámetro pH - Año 2010

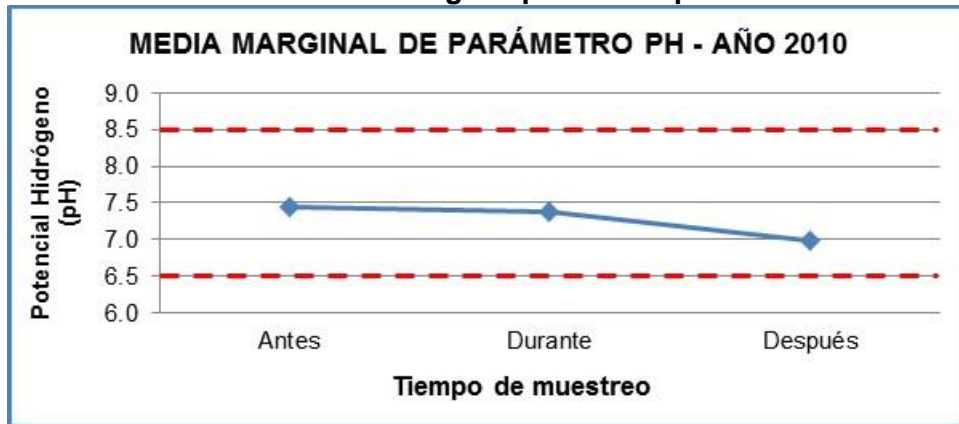


Figura 4-1 Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010

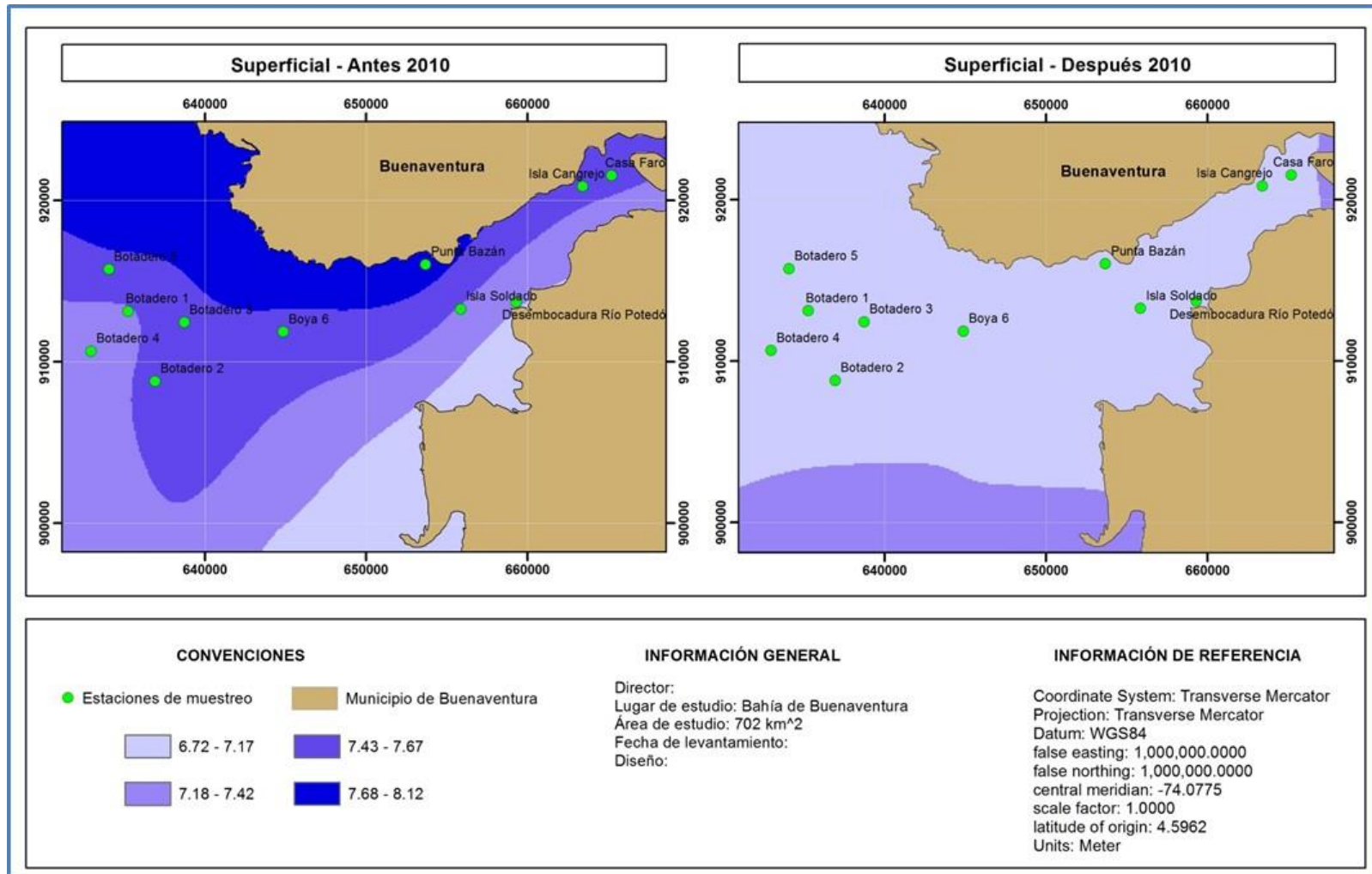
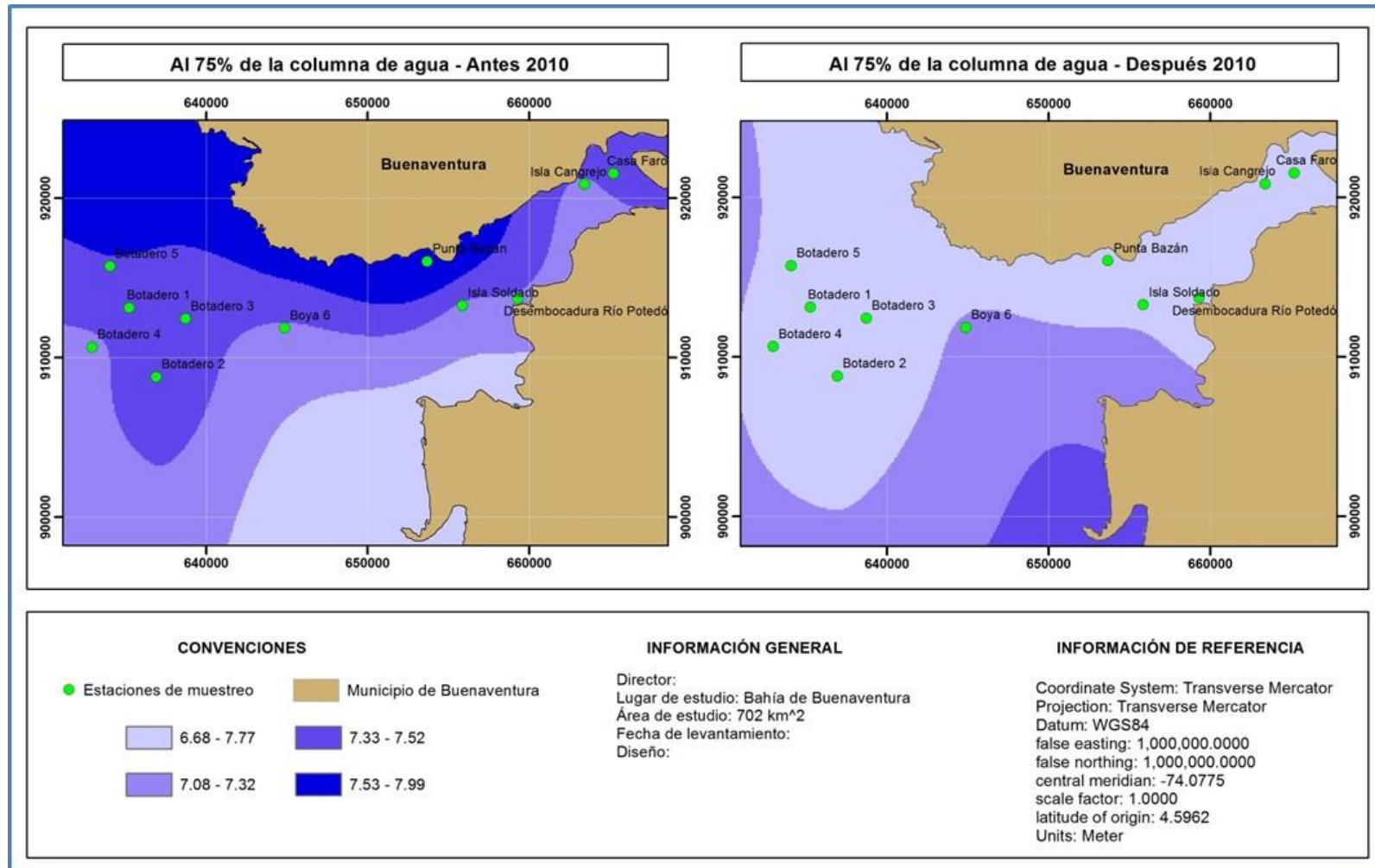


Figura 4-2 Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de pH en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-3, Figura 4-4, Figura 4-5 y la Figura 4-6 ilustran la distribución en 3D del pH monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-3 Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

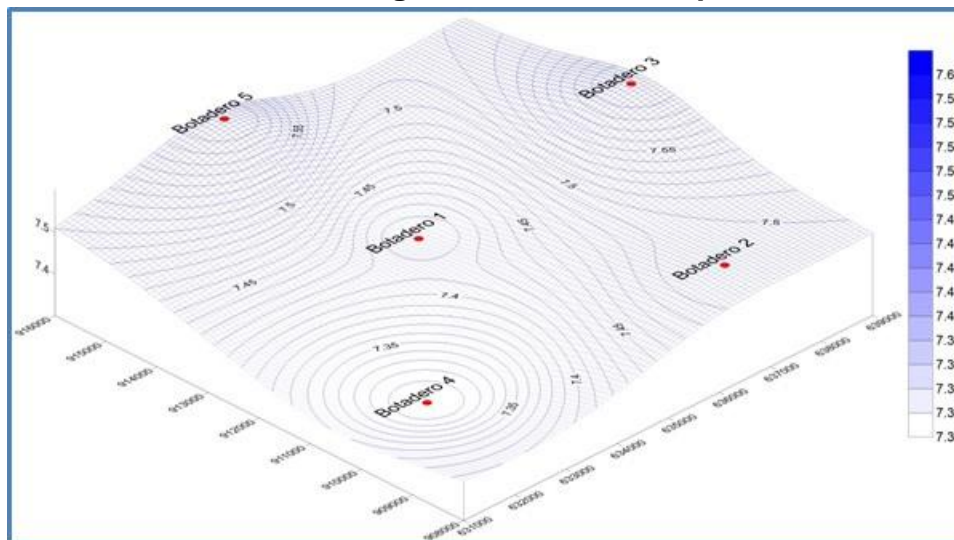


Figura 4-4 Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

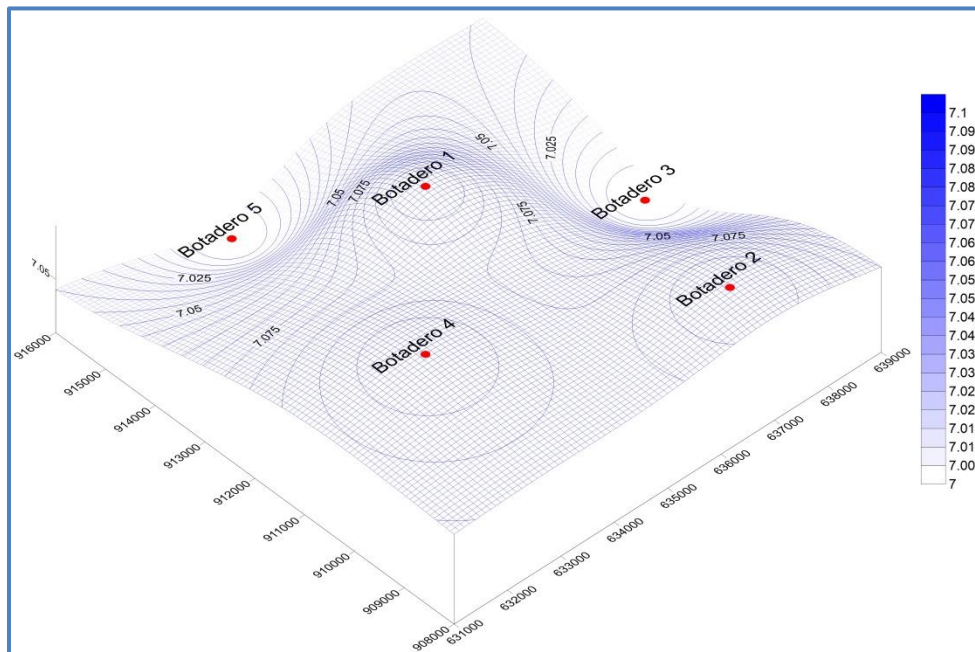


Figura 4-5 Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010

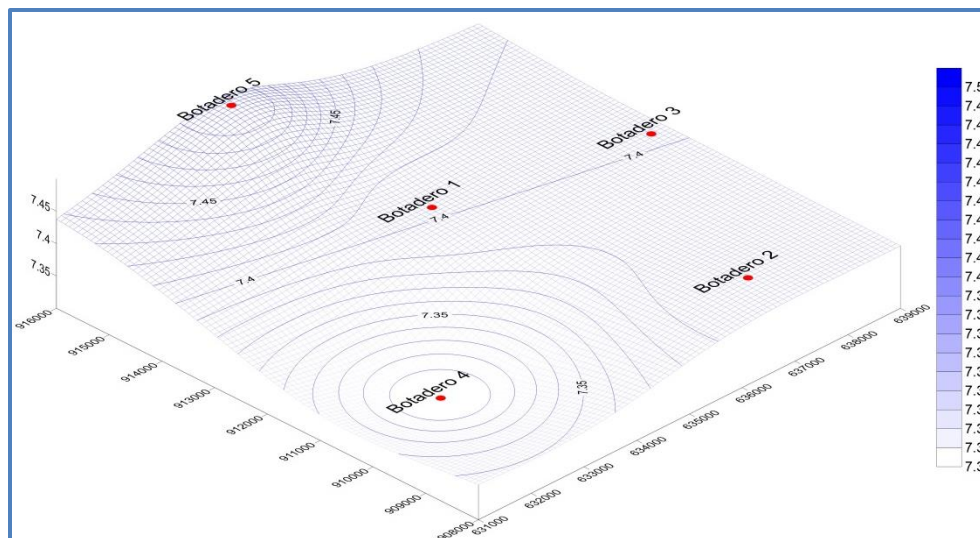
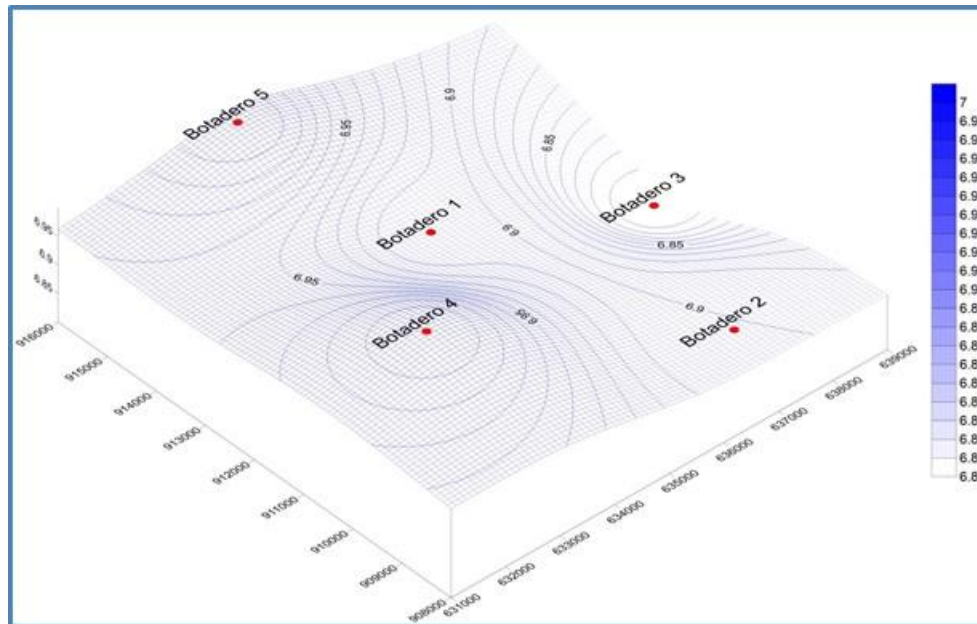


Figura 4-6 Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010



4.1.2 AÑO 2011

Tabla 4.4 Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2011

Variable Dependiente: pH					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	0,293a	32	0,009	1,113	0,380
Intercept	3519,476	1	3519,476	427939,281	0,000
Tiempo	0,044	2	0,022	2,645	0,086
Profundidad	0,081	10	0,008	0,982	0,478
Tiempo * Profundidad	0,169	20	0,008	1,026	0,462
Error	0,271	33	0,008		
Total	3520,041	66			
Corrected Total	0,564	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que no existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. > 0,05). De acuerdo a lo anterior, no fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey) por lo cual se concluye que la actividad de dragado no generó ningún efecto significativo sobre el pH de la Bahía de Buenaventura para el año 2011.

4.1.3AÑO 2012

Tabla 4.5 Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2012

Variable Dependiente: pH					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	0,060	5	0,012	1,140	0,349
Intercept	3824,177	1	3824,177	364428,242	0,000
Tiempo	0,054	2	0,027	2,556	0,086
Profundidad	0,001	1	0,001	,064	0,802
Tiempo * Profundidad	0,006	2	0,003	,263	0,770
Error	0,630	60	0,010		
Total	3824,867	66			
Corrected Total	0,689	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que no existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. > 0,05). De acuerdo a lo anterior, no fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), por lo cual se concluye que la actividad de dragado no generó ningún efecto significativo sobre el pH de la Bahía de Buenaventura para el año 2012.

4.1.4 AÑO 2014

Tabla 4.6 Prueba ANOVA para el parámetro Potencial de Hidrógeno - Año 2014

Dependent Variable: pH					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	0,142 ^a	5	0,028	13,591	0,000
Intercept	3717,302	1	3717,302	1775780,996	0,000
Tiempo muestreo	0,141	2	0,071	33,775	0,000
Profundidad	0,000	1	0,000	0,235	0,630
Tiempo muestreo * Profundidad	0,000	2	0,000	0,085	0,919
Error	0,126	60	0,002		
Total	3717,569	66			
Corrected Total	0,268	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que existen diferencias significativas solamente en el factor: Tiempo de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación:

Tabla 4.7 Prueba Post-Anova para el parámetro Potencial de Hidrógeno en función del tiempo de muestreo – Año 2014

Variable Dependiente: pH							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-0,0895 [*]	0,01380	0,000	-0,1227	-0,0564
		Durante	-0,1050 [*]	0,01380	0,000	-0,1382	-0,0718
	Después	Antes	0,0895 [*]	0,01380	0,000	0,0564	0,1227
		Durante	-0,0155	0,01380	0,505	-0,0486	0,0177
	Durante	Antes	0,1050 [*]	0,01380	0,000	0,0718	0,1382
		Después	0,0155	0,01380	0,505	-0,0177	0,0486

Los resultados obtenidos de la tabla anterior son clasificados con el fin de observar las diferencias que se presentaron en cuanto al factor tiempo de muestreo, dicha clasificación permitirá identificar entre que tiempos de muestreo se presentaron diferencias significativas.

Tabla 4.8 Análisis de comparación de medias del factor tiempo de muestreo según parámetro pH – Año 2014

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
pH p - value = 0,000	Antes	7,440	A
	Después	7,529	B
	Durante	7,545	B

En la Tabla 4.7 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre el tiempo de muestreo: Antes (A), con respecto a los tiempos de muestreo: Durante y Después (B).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre algunos tiempos de muestreo, se observó que la actividad de dragado no generó un cambio significativo del pH en la Bahía de Buenaventura (Gráfica 4-6), de igual manera, se observa una cierta tendencia a restablecerse los valores de pH a su concentración normal.

Gráfica 4-6 Media marginal parámetro pH - Año 2014

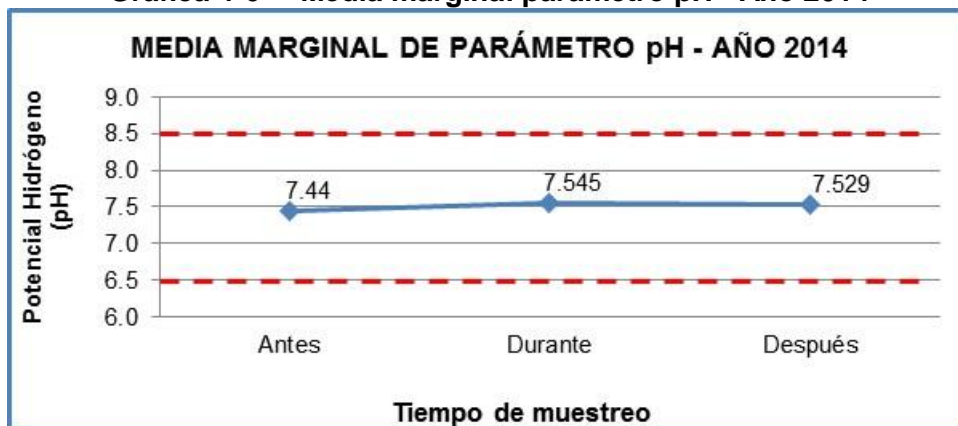


Figura 4-7 Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014

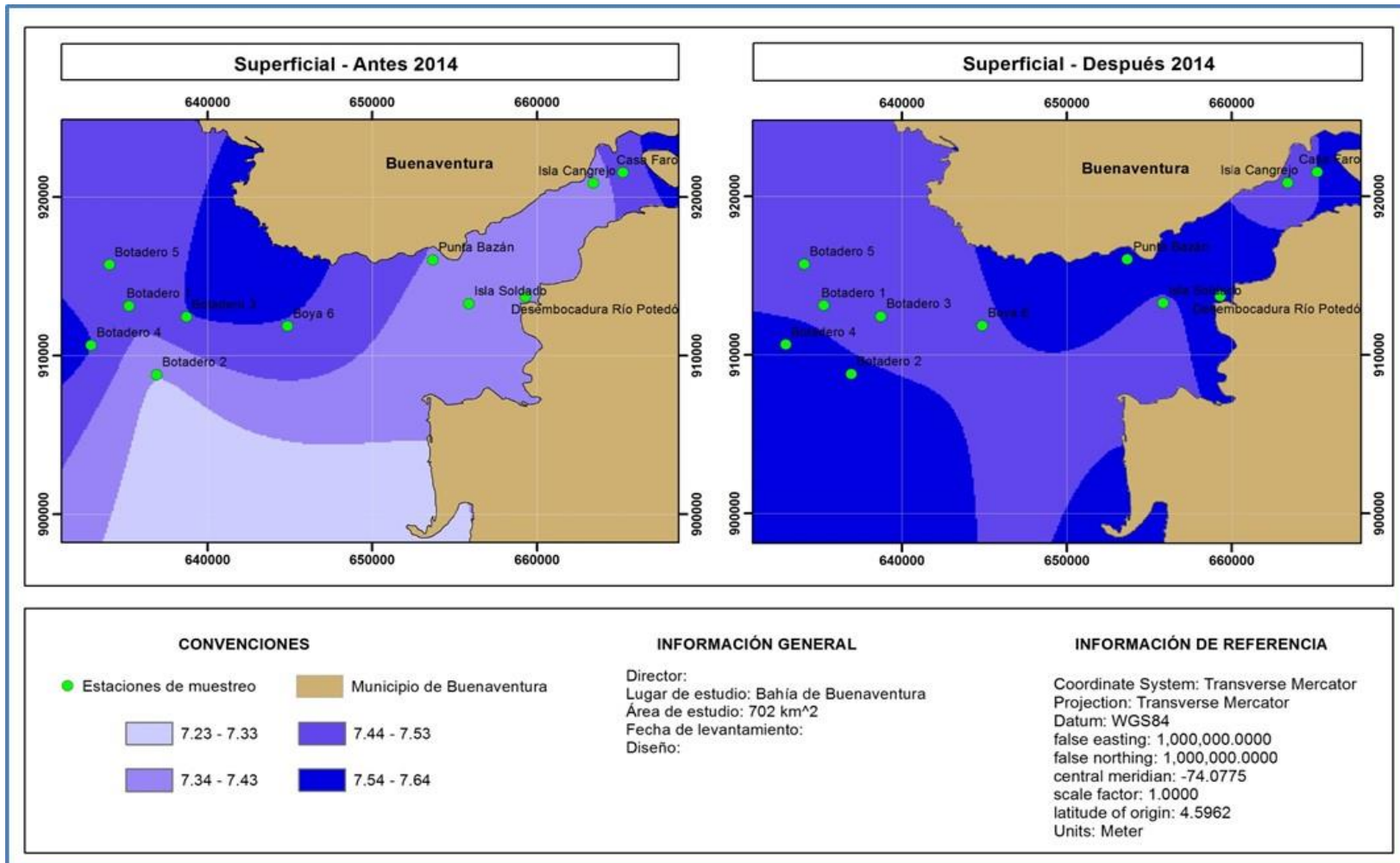
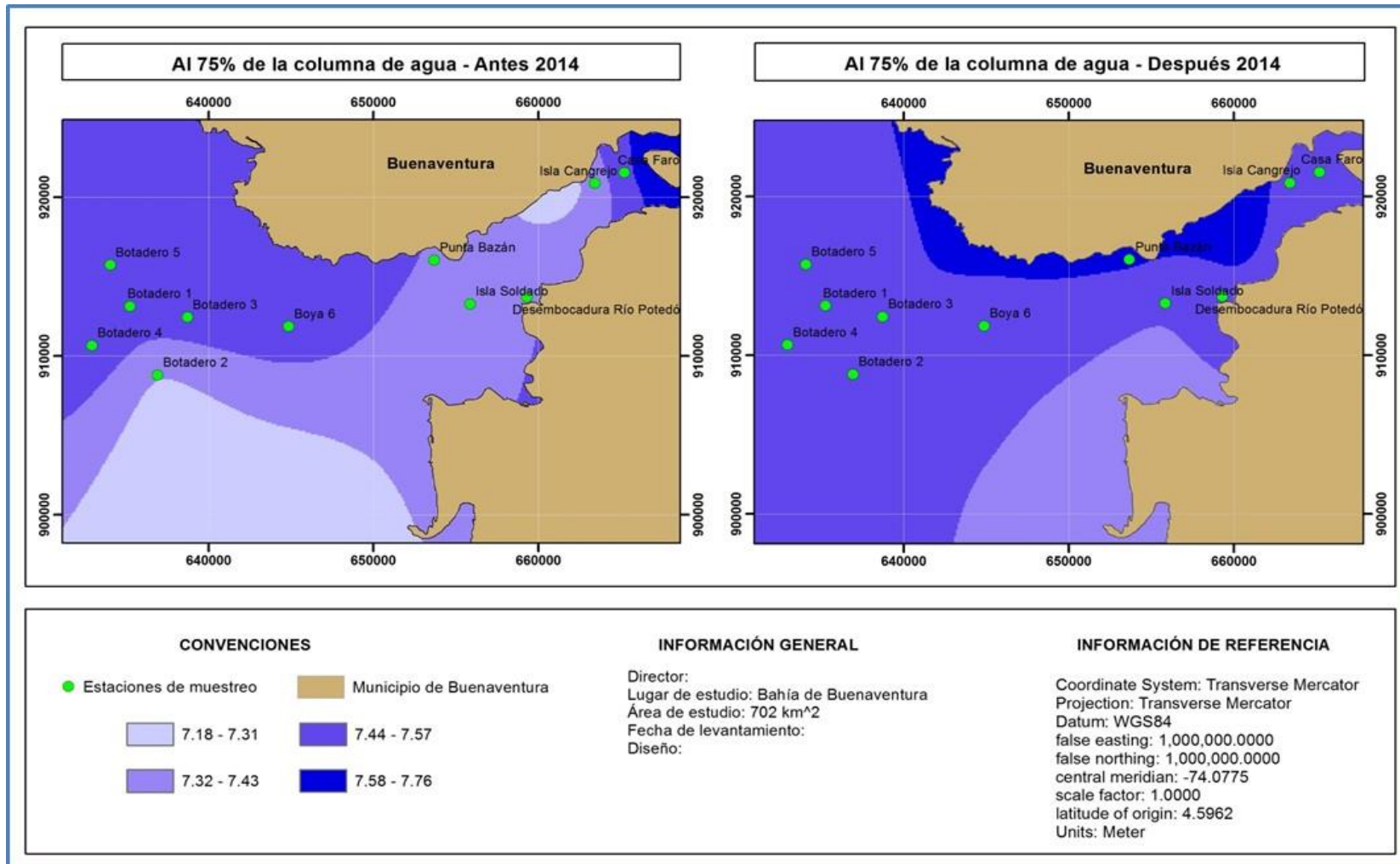


Figura 4-8 Distribución espacial del pH en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de pH en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-9, Figura 4-10, Figura 4-11 y la Figura 4-12 ilustran la distribución en 3D del pH monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-9 Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

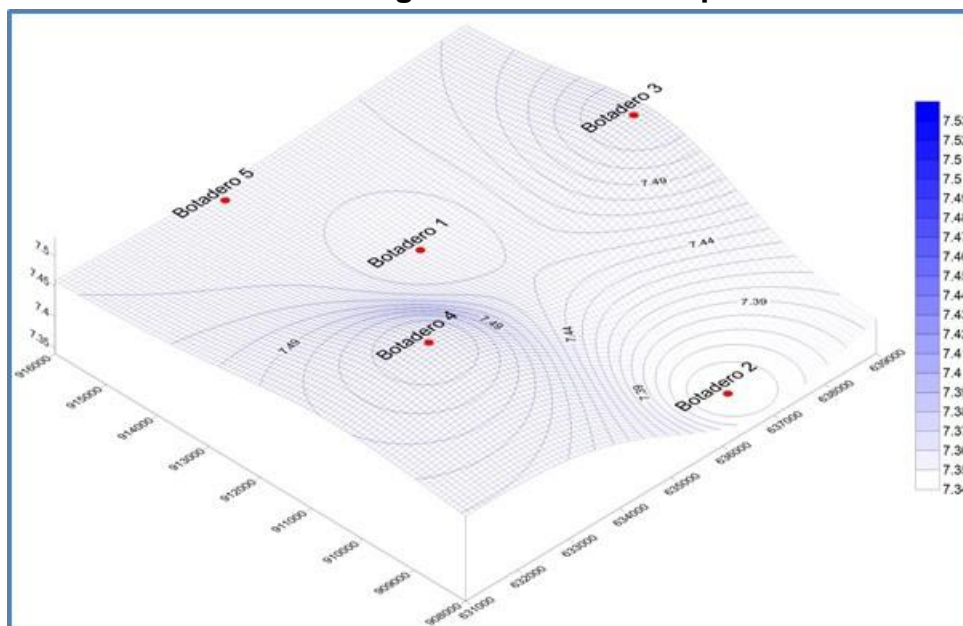


Figura 4-10 Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

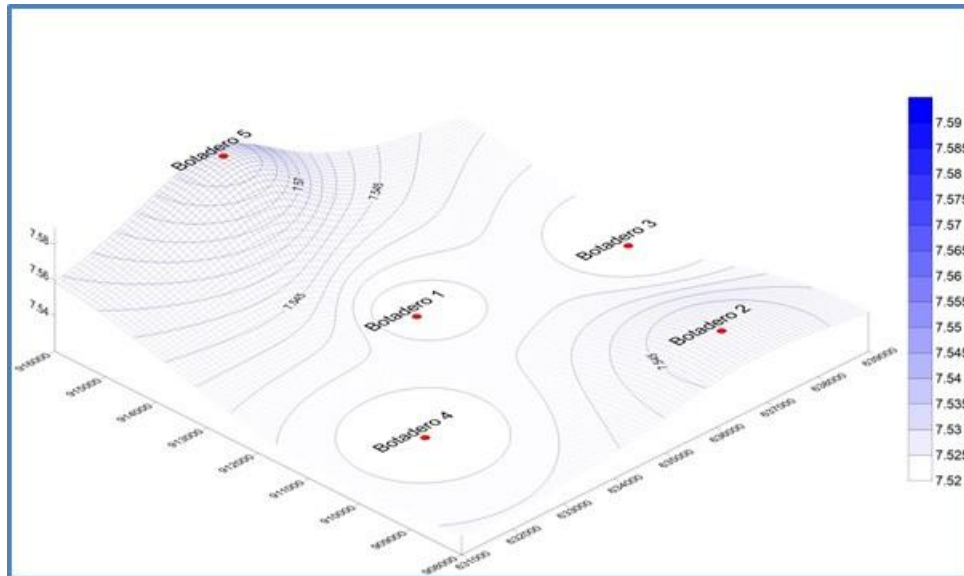


Figura 4-11 Tendencia del pH antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014

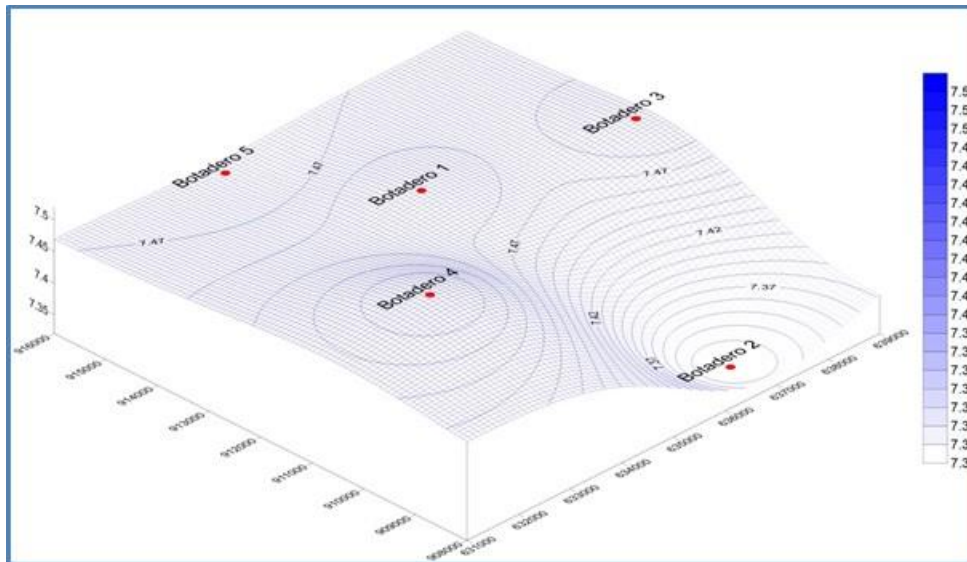
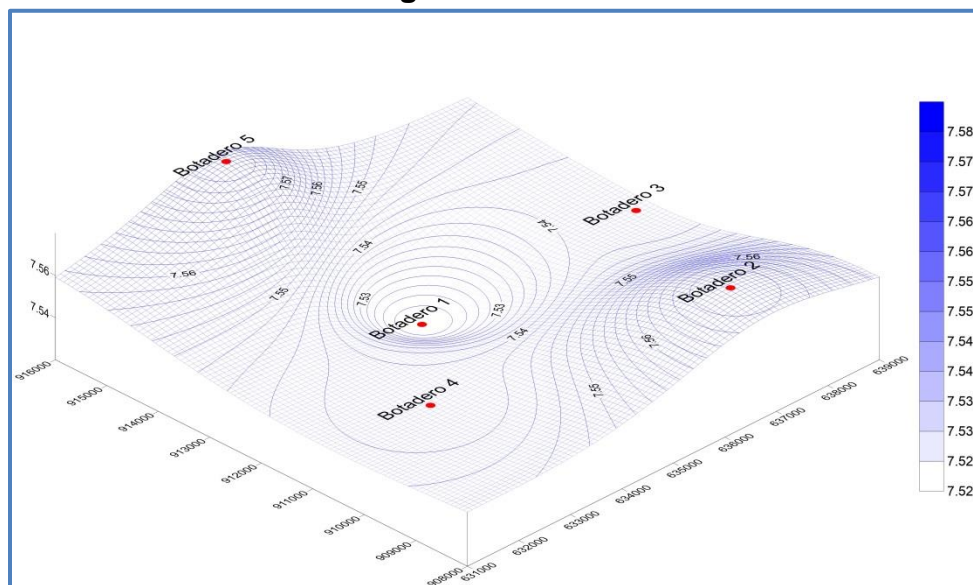


Figura 4-12 Tendencia del pH después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014.



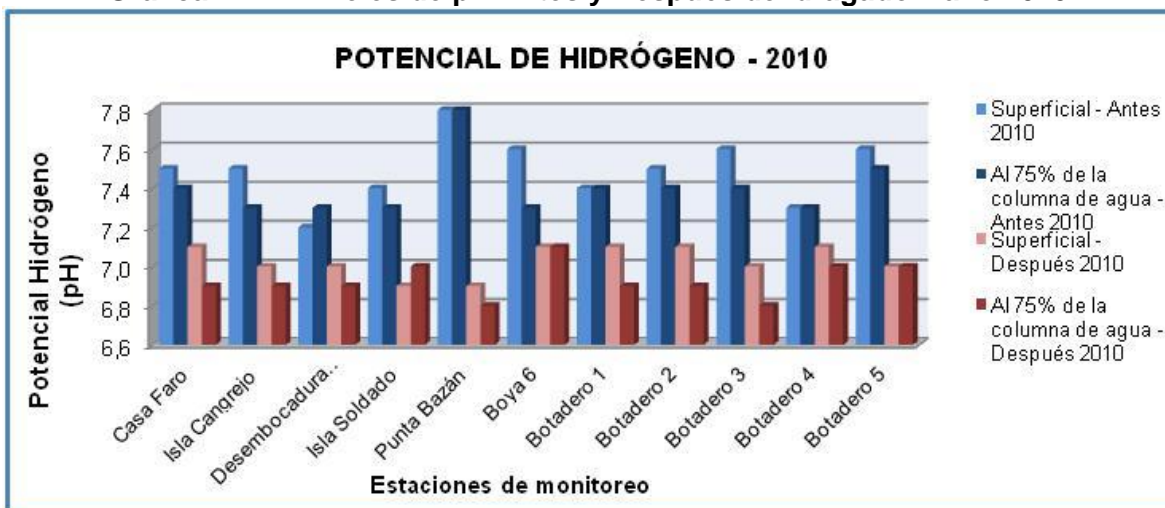
4.1.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL POTENCIAL DE HIDRÓGENO.

A continuación se presenta la comparación multianual del potencial de hidrógeno en los monitoreos localizados a nivel superficial con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observan variaciones para el año 2010 en cuanto a las muestras tomadas antes y después de la actividad de dragado a nivel superficial con respecto a las tomadas al 75% de la columna de agua.

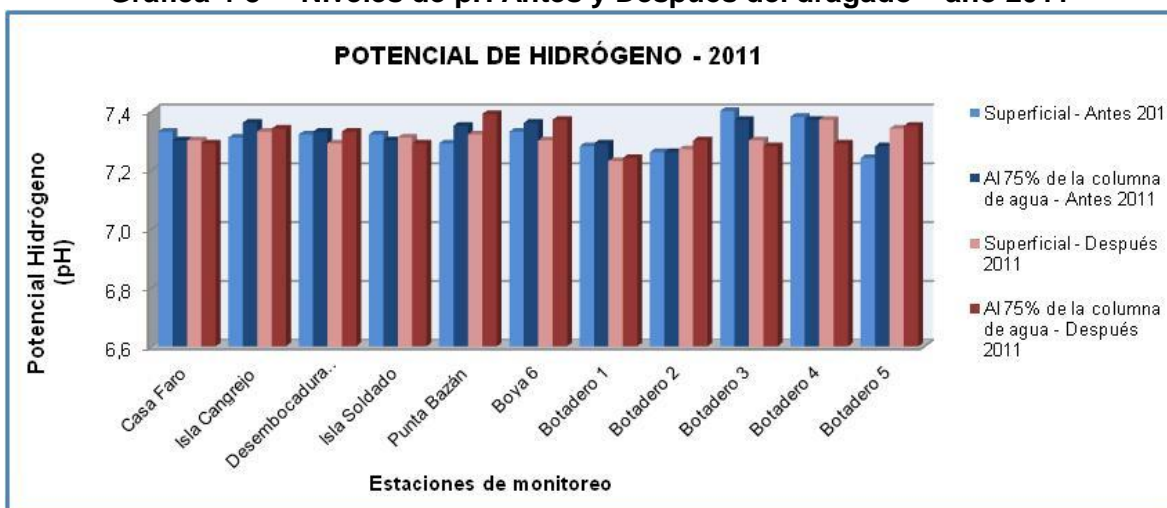
Tabla 4.9 Comparación Multianual Potencial de Hidrógeno antes y después

pH				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	7,5	7,3	7,6	7,4
al 75%	7,4	7,3	7,6	7,4
Promedio	7,4	7,3	7,6	7,4
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	7,0	7,3	7,6	7,5
al 75%	6,9	7,3	7,6	7,5
Promedio	7,0	7,3	7,6	7,5

Gráfica 4-7 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010



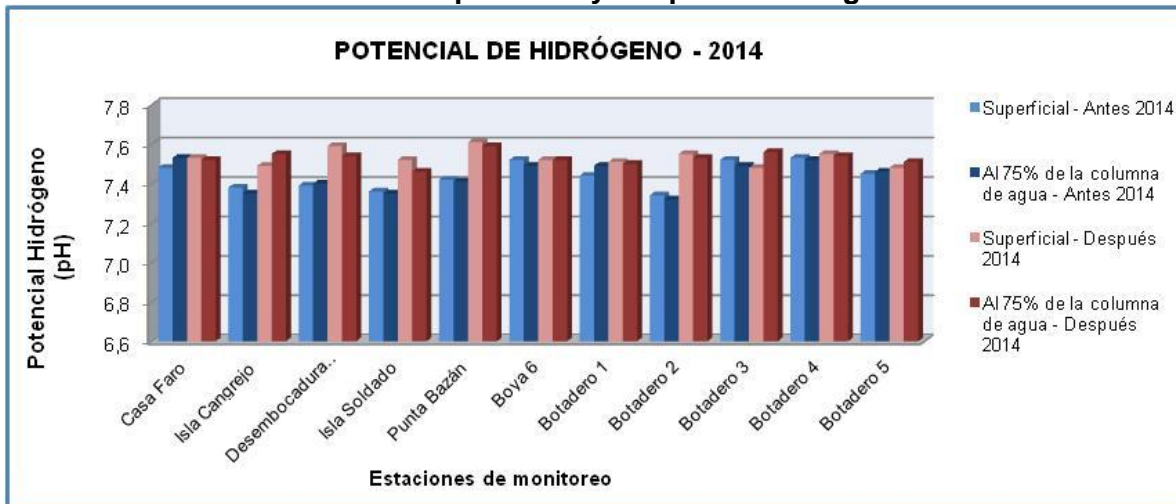
Gráfica 4-8 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-9 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012

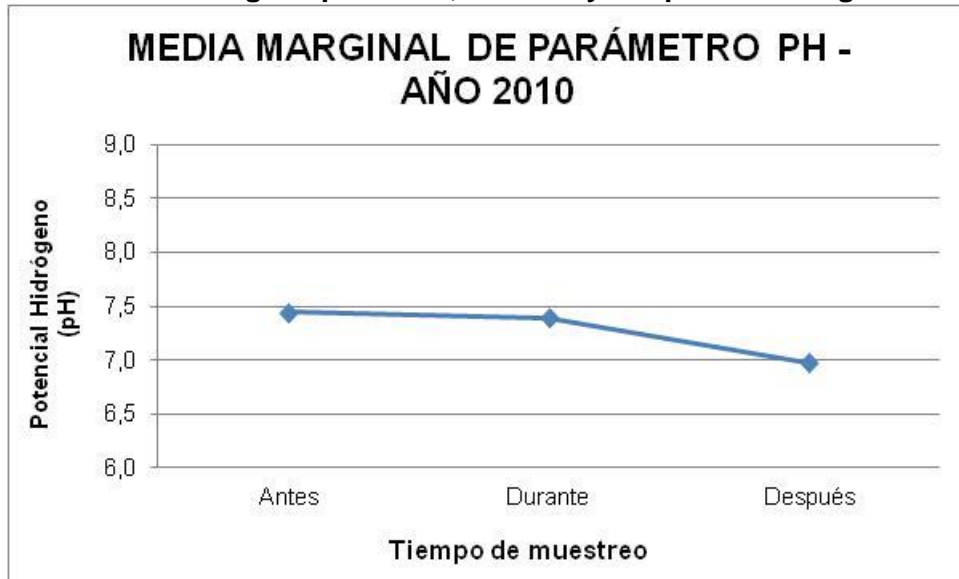


Gráfica 4-10 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014

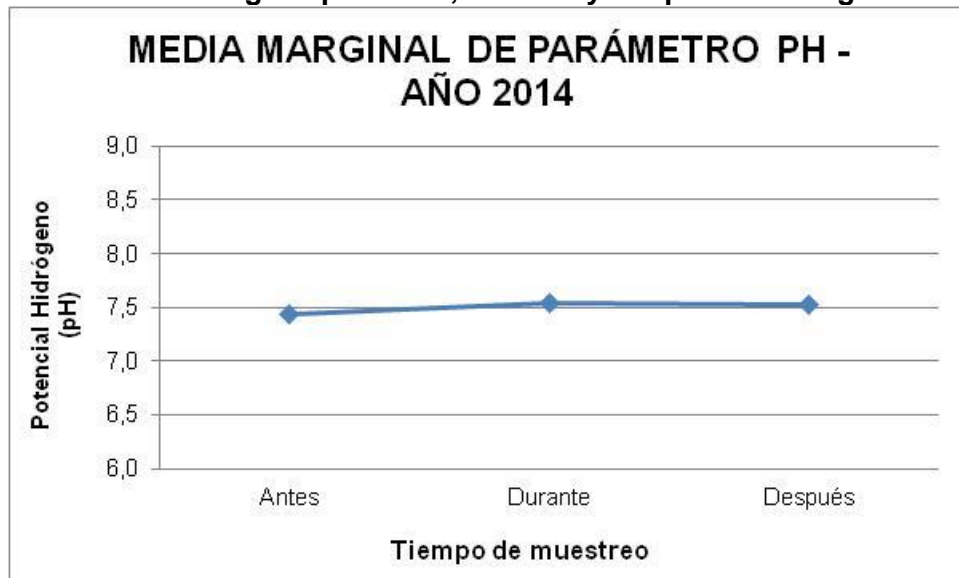


A continuación se presenta la media marginal para el parámetro pH en el año 2010 en que se presenta un valor de 7,445, 7,386 y 6,977 antes, durante y después respectivamente y los correspondientes al año 2014 7,44, 7,545 y 7,526 antes, durante y después respectivamente como se observa a continuación ya que en estos se presenta una variación significativa al realizar el análisis de ANOVA.

Gráfica 4-11 Media marginal pH Antes, Durante y Después del dragado – año 2010



Gráfica 4-12 Media marginal pH Antes, Durante y Después del dragado – año 2014



4.2 TEMPERATURA

El parámetro temperatura es uno de los factores primordiales para la salud de los animales marinos, al influir en gran manera sobre la oxigenación, la densidad del agua y la reproducción y el crecimiento de las especies.

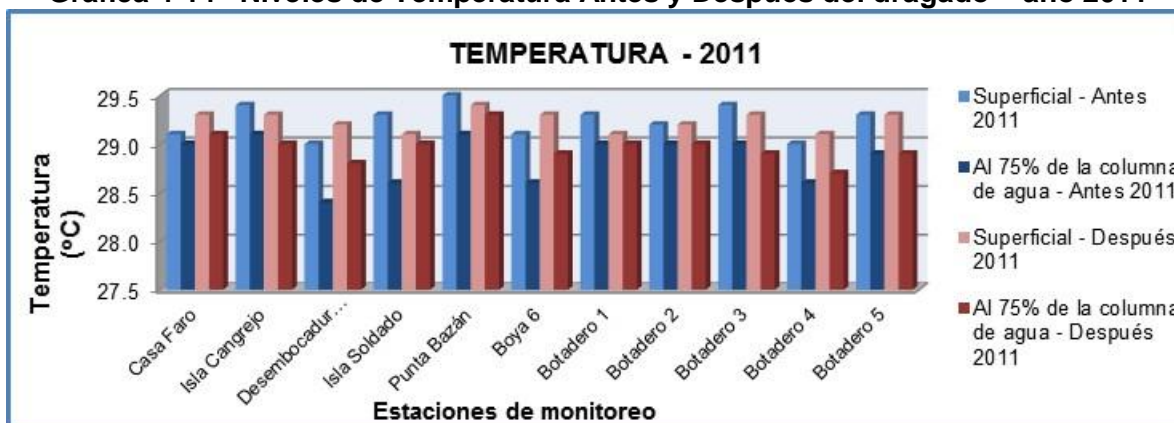
La temperatura del agua de los mares y océanos, varía por numerosos factores tanto en su superficie como en profundidad.

Los registros multianuales de la variable temperatura antes y después de las actividades de dragado, analizados en las dos profundidades muestreadas para las once (11) estaciones monitoreadas se presentan a continuación:

Gráfica 4-13 Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2010



Gráfica 4-14 Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-15 Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-16 Niveles de Temperatura Antes y Después del dragado – año 2014



De la Gráfica 4-13, Gráfica 4-14, Gráfica 4-15, y la Gráfica 4-16, se concluye que la actividad de dragado no genera un impacto ambiental a largo plazo en cuando al parámetro de temperatura. Al realizar la comparación entre los niveles de temperatura antes y después del dragado se observó que dichos niveles no tuvieron cambios significativos donde la el mayor cambio de temperatura se presentó en el año 2014, donde la temperatura después del dragado cambio 0,5°C con respecto a las mediciones realizadas antes del dragado (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Cambio de la temperatura antes y después de la actividad de dragado

AÑO	2010		2011		2012		AÑO 2014	
Profundidad de muestreo	Superficial	75%	Superficial	75%	Superficial	75%	Superficial	75%
ΔT antes y después ($^{\circ}C$)	(+) 0,4	(+) 0,2	0,0	(+) 0,1	(-) 0,2	(-) 0,2	(+) 0,5	(+) 0,5

(+) Aumento de la temperatura con respecto a las mediciones antes del dragado; (-) Disminución de la temperatura con respecto a las mediciones antes del dragado.

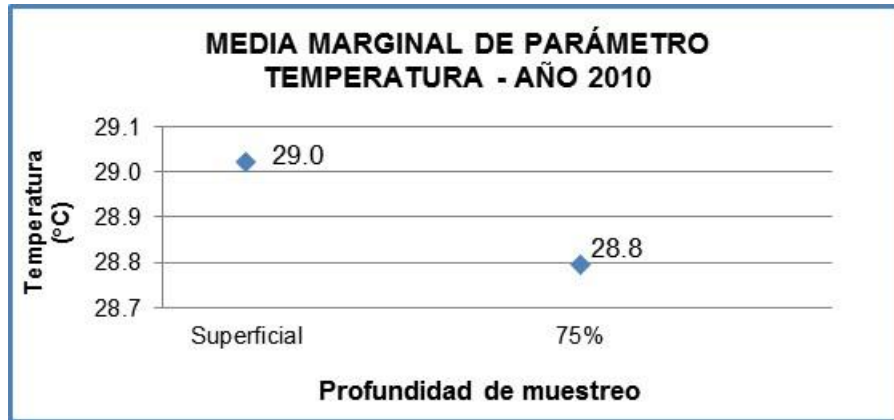
4.2.1 AÑO 2010

Tabla 4.11 Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2010

Variable Dependiente: Temperatura					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	2,846 ^a	5	,569	2,415	,046
Intercept	55118,080	1	55118,080	233821,397	,000
Tiempo muestreo	1,273	2	,637	2,700	,075
Profundidad	,994	1	,994	4,217	,044
Tiempo muestreo * Profundidad	,579	2	,290	1,228	,300
Error	14,144	60	,236		
Total	55135,070	66			
Corrected Total	16,990	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre el factor: profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, la temperatura medida a nivel superficial resulto ser diferente que la medida a 75% de la columna de agua, sin embargo y de acuerdo a los resultados, se concluye que la actividad de dragado no generó ningún efecto significativo sobre la temperatura del mar en la Bahía de Buenaventura para el año 2010.

Gráfica 4-17 Media marginal parámetro Temperatura en función de la profundidad de muestreo - Año 2010



4.2.2 AÑO 2011

Tabla 4.12 Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2011

Variable Dependiente: Temperatura					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	11,117 ^a	5	2,223	12,920	,000
Intercept	54910,207	1	54910,207	319076,747	,000
Tiempo muestreo	6,811	2	3,406	19,790	,000
Profundidad	3,640	1	3,640	21,152	,000
Tiempo muestreo * Profundidad	,666	2	,333	1,934	,153
Error	10,325	60	,172		
Total	54931,650	66			
Corrected Total	21,443	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.13 Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2011

Variable Dependiente: Temperatura							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-,0591	,12508	,884	-,3597	,2415
		Durante	,6500	,12508	,000	,3494	,9506
	Después	Antes	,0591	,12508	,884	-,2415	,3597
		Durante	,7091	,12508	,000	,4085	1,0097
	Durante	Antes	-,6500	,12508	,000	-,9506	-,3494
		Después	-,7091	,12508	,000	-1,0097	-,4085

Tabla 4.14 Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011

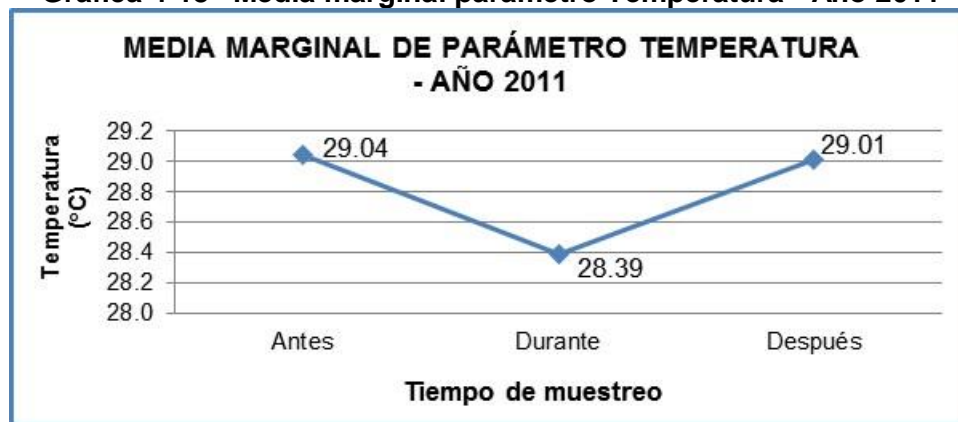
Variable	Tiempo	Promedio	Clasificación
Temperatura p - value = 0,000	Durante	28,39	A
	Antes	29,04	B
	Después	29,01	B

En la Tabla 4.13 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre el tiempo de muestreo: Durante (A), con respecto a los tiempos de muestreo: Antes y Después (B).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre algunos tiempos de muestreo, se observó que la actividad de dragado no generó un cambio significativo de la Temperatura en la Bahía de Buenaventura (Gráfica 4-18), de igual manera, se observa una tendencia a restablecerse los valores de temperatura a su nivel normal.

Gráfica 4-18 Media marginal parámetro Temperatura - Año 2011



4.2.3 AÑO 2012

Tabla 4.15 Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2012

Variable Dependiente: Temperatura					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	1,919 ^a	5	,384	5,086	,001
Intercept	55152,764	1	55152,764	730940,243	,000
Tiempo	1,048	2	,524	6,942	,002
Profundidad	,852	1	,852	11,295	,001
Tiempo * Profundidad	,019	2	,010	,127	,881
Error	4,527	60	,075		
Total	55159,210	66			
Corrected Total	6,446	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.16 Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2012

Variable Dependiente: Temperatura							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	,1955	,08282	,055	-,0036	,3945
		Durante	-,1091	,08282	,391	-,3081	,0899
	Después	Antes	-,1955	,08282	,055	-,3945	,0036
		Durante	-,3045	,08282	,001	-,5036	-,1055
	Durante	Antes	,1091	,08282	,391	-,0899	,3081
		Después	,3045	,08282	,001	,1055	,5036

Tabla 4.17 Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Temperatura p - value = 0,000	Después	28,74	A
	Antes	28,93	AB
	Durante	29,04	B

En la Tabla 4.16 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre el tiempo de muestreo: Después (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre algunos tiempos de muestreo, se observó que la actividad de dragado no generó un cambio significativo de la Temperatura en la Bahía de Buenaventura (Figura 4-13), de igual manera, se observa una tendencia a restablecerse los valores de temperatura a su nivel normal, estadísticamente la temperatura de la Bahía de Buenaventura antes y después del dragado es igual.

Gráfica 4-19 Media marginal parámetro Temperatura - Año 2012



4.2.4 AÑO 2014

Tabla 4.18 Prueba ANOVA para el parámetro Temperatura - Año 2014

Variable Dependiente: Temperatura					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	3,921 ^a	5	,784	32,346	,000
Intercept	55395,855	1	55395,855	2285079,006	,000
Tiempo	2,882	2	1,441	59,444	,000
Profundidad	,994	1	,994	41,006	,000
Tiempo * Profundidad	,045	2	,022	,919	,405
Error	1,455	60	,024		
Total	55401,230	66			
Corrected Total	5,375	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.19 Prueba Post-Anova para el parámetro temperatura en función del tiempo de muestreo – Año 2014

Variable Dependiente: Temperatura							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-,4955	,04695	,000	-,6083	-,3826
		Durante	-,3591	,04695	,000	-,4719	-,2463
	Después	Antes	,4955	,04695	,000	,3826	,6083
		Durante	,1364	,04695	,014	,0235	,2492
	Durante	Antes	,3591	,04695	,000	,2463	,4719
		Después	-,1364	,04695	,014	-,2492	-,0235

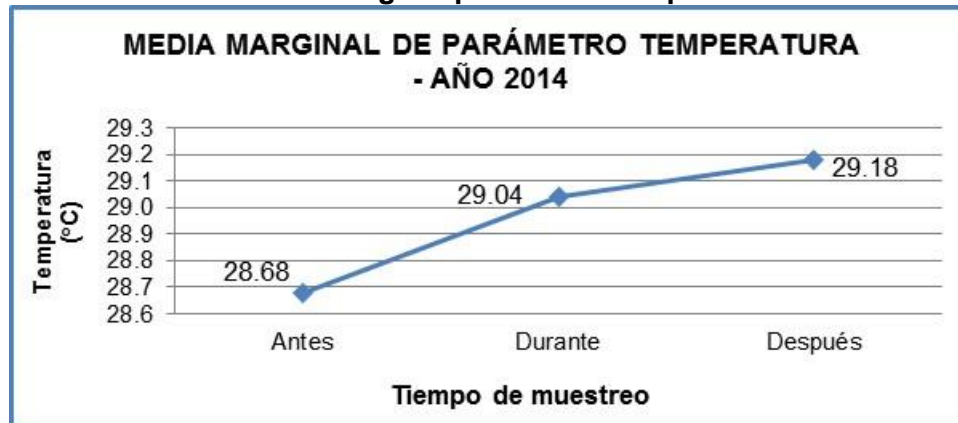
Tabla 4.20 Análisis de comparación de medias parámetro Temperatura en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Temperatura p - value = 0,000	Antes	28,68	A
	Durante	29,04	B
	Después	29,18	C

En la Tabla 4.19 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas en todos los tiempos de muestreo: Antes (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B) y Después (C).

Gráfica 4-20 Media marginal parámetro Temperatura - Año 2014



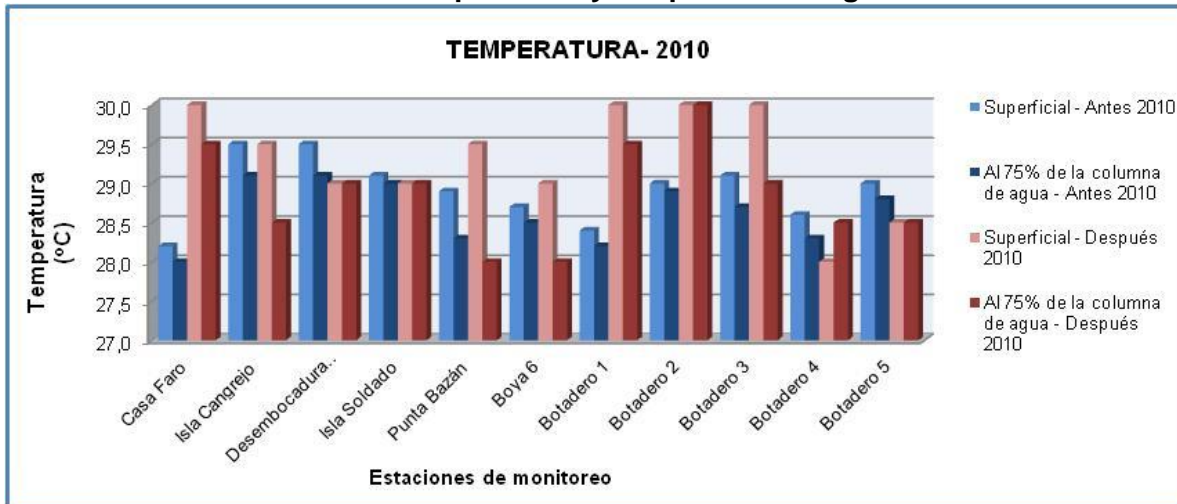
4.2.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL TEMPERATURA

A continuación se presenta la comparación multianual del parámetro de temperatura en los monitoreos localizados a nivel superficial con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observan variaciones para todos los años en el que se muestra como es de esperarse un descenso en la temperatura en las muestra tomadas a un 75% de la columna de agua, así como un aumento del parámetro posterior a la realización de las labores de dragado.

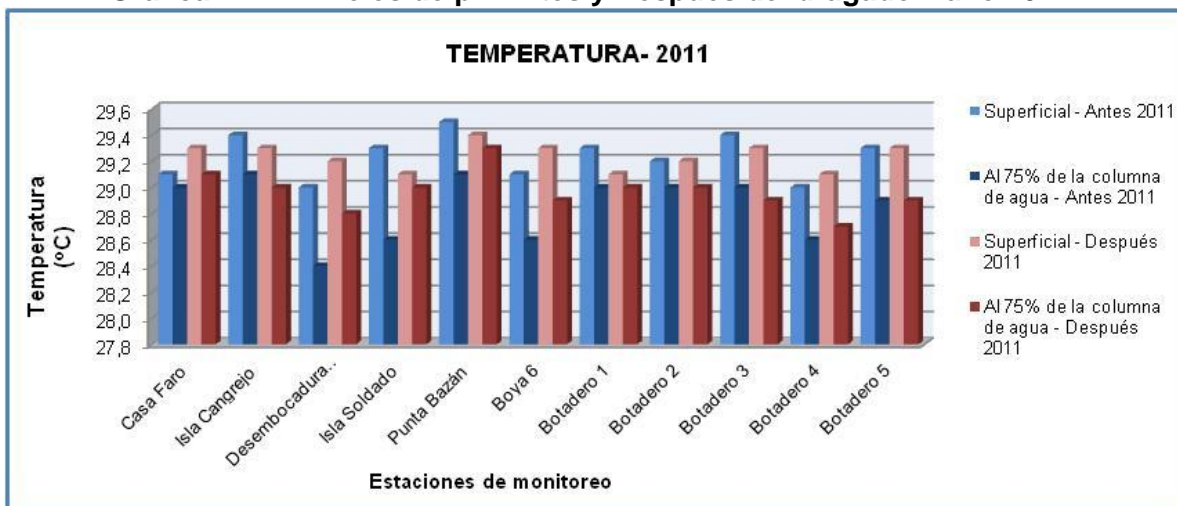
Tabla 4.21 Comparación Multianual Temperatura antes y después

Temperatura				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	28,9	29,2	29,0	28,8
al 75%	28,6	28,8	28,8	28,6
Promedio	28,8	29,0	28,9	28,7
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	29,3	29,2	28,8	29,3
al 75%	28,9	29,0	28,6	29,0
Promedio	29,1	29,1	28,7	29,2

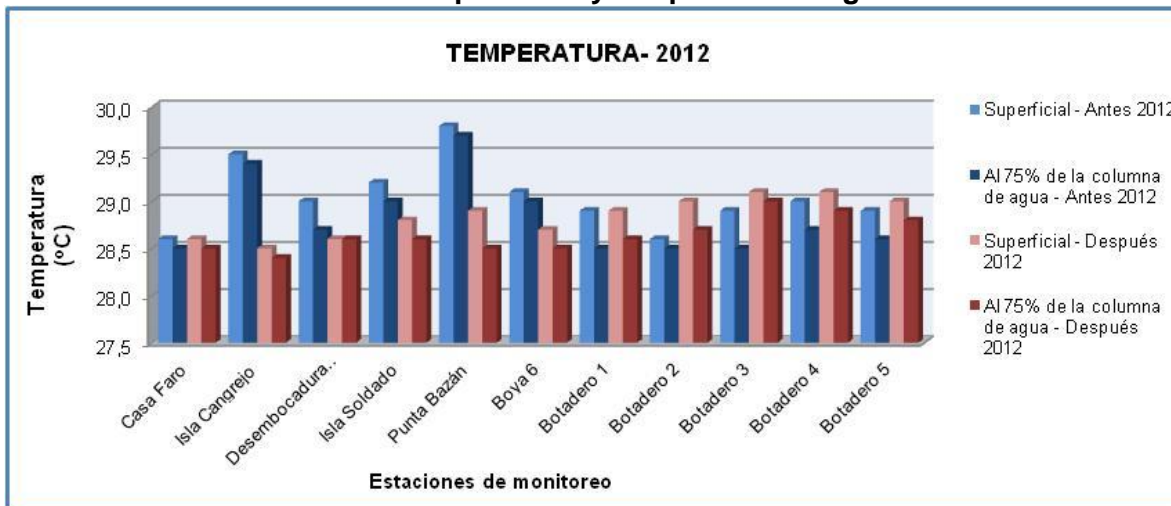
Gráfica 4-21 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2010



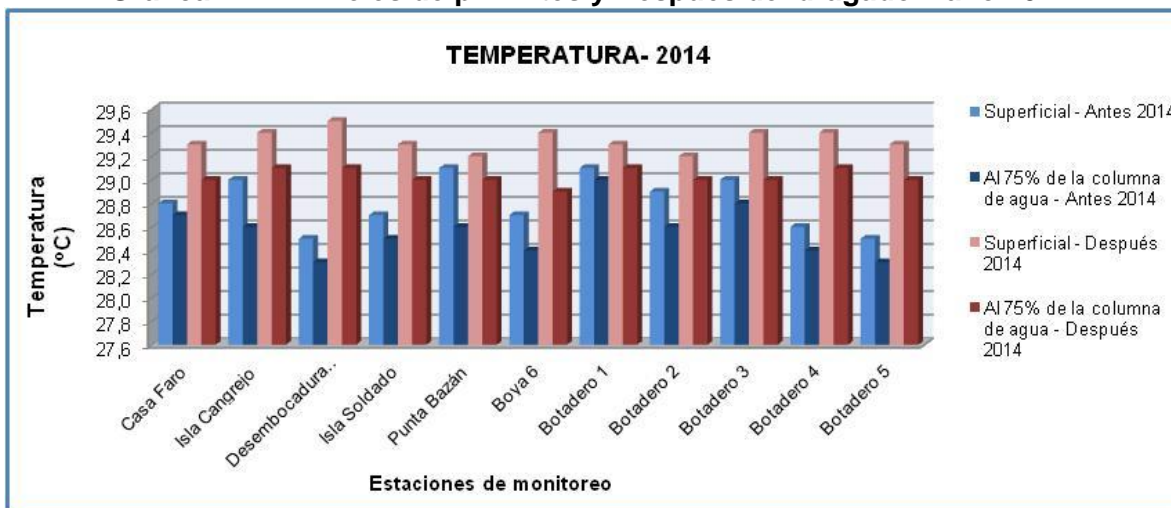
Gráfica 4-22 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-23 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2012

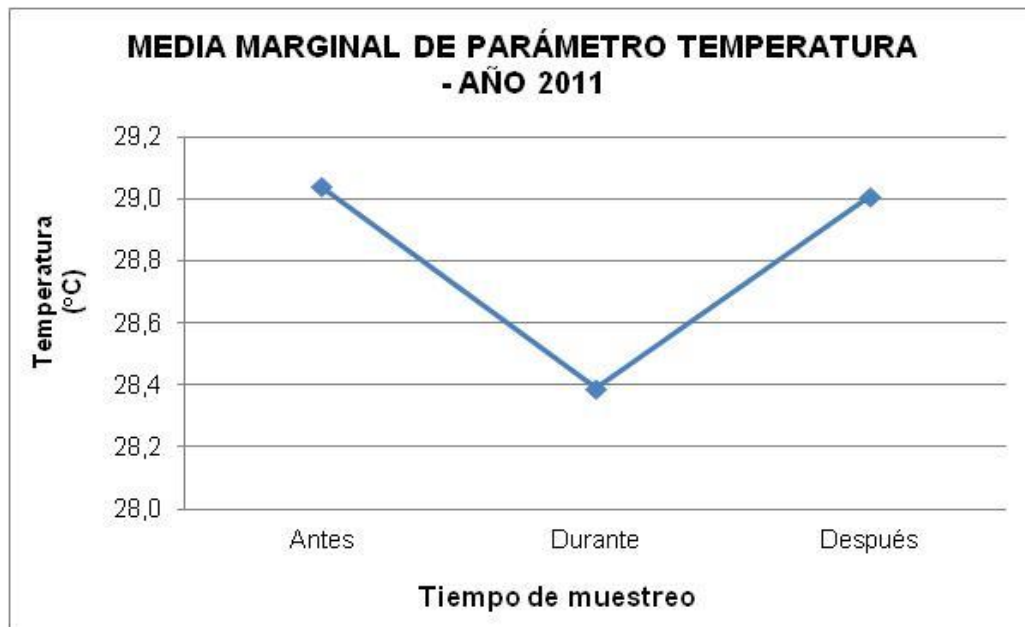


Gráfica 4-24 Niveles de pH Antes y Después del dragado – año 2014

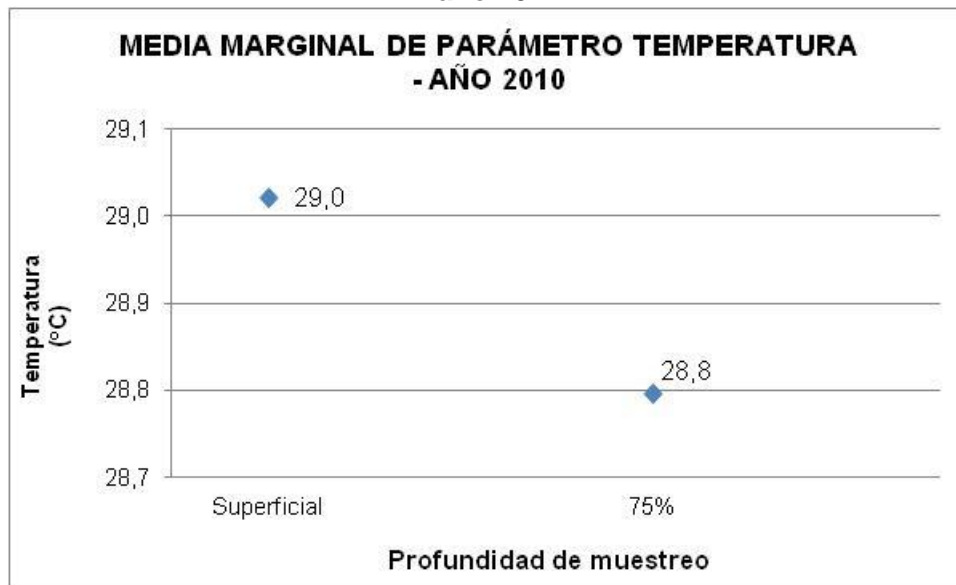


A continuación se presenta la media marginal para el parámetro temperatura para los años 2010, 2011 y 2012. Para el año 2010 se un media margina de temperatura de 29,0 superficial y 28,8 al 75% de la columna de agua, en el año 2011 en que se presenta un valor de 29,04, 28,39 y 29,01 antes, durante y después respectivamente y un 29,0 y 28,8 superficial y al 75% de la columna de agua respectivamente. En los resultados obtenidos para el año 2012 se presenta una media marginal de la siguiente manera 28,93, 29,04 y 28,74 antes, durante y después respectivamente y un 28,9 superficial 28,7 al 75% de la columna de agua. A continuación se presentan las gráficas correspondientes a los datos antes mencionados ya que en estos presenta una variación significativa al realizar el análisis de ANOVA.

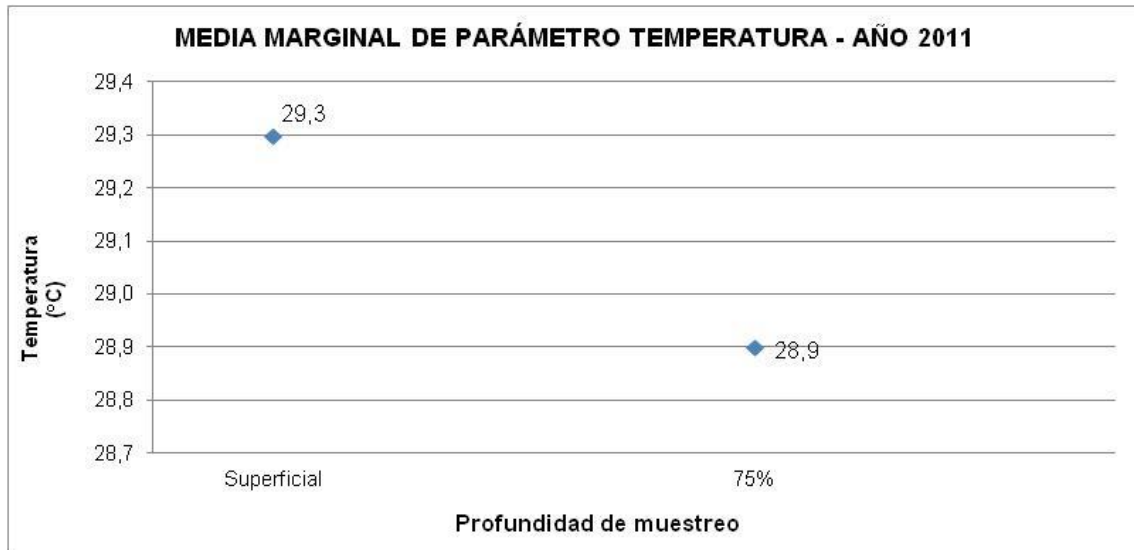
Gráfica 4-25 Media marginal temperatura Antes, Durante y Después del dragado – año 2011



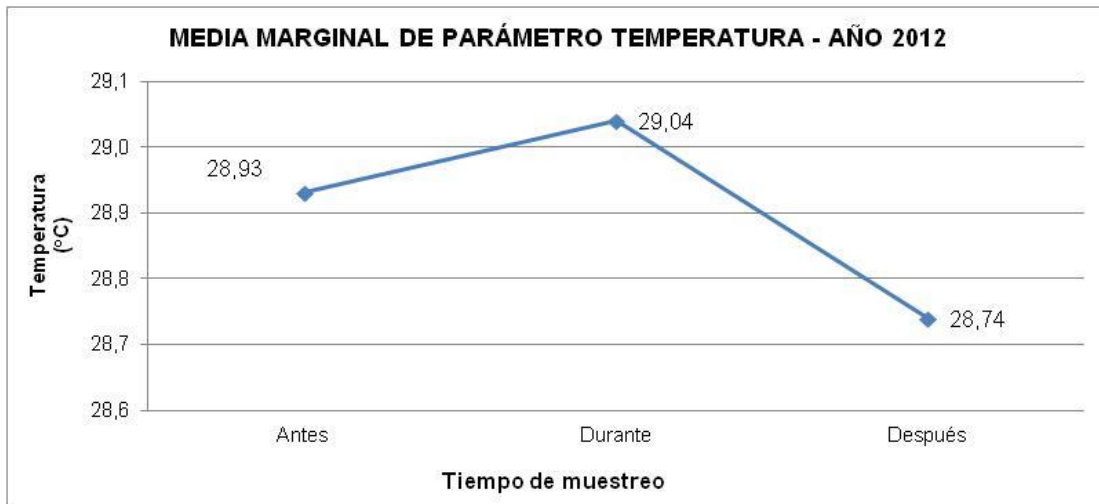
Gráfica 4-26 Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la colimna de agua – año 2010



Gráfica 4-27 Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la columna de agua – año 2011



Gráfica 4-28 Media marginal temperatura Antes, Durante y Después del dragado – año 2012



**Gráfica 4-29 Media marginal temperatura Superficial y al 75% de la colimna de agua
– año 2012**



4.3 OXÍGENO DISUELTO (OD)

Este es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula.

Además, el OD es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica. Los niveles de oxígeno disuelto necesarios para sostener la vida de organismos acuáticos varían de una especie a otra.

La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. La concentración total de oxígeno disuelto dependerá del balance entre estos fenómenos.

En las aguas superficiales en contacto con la atmósfera, la cantidad de oxígeno disuelto tiende como es natural, a estar en equilibrio atmosférico. La cantidad de oxígeno disuelto superficial en el agua de mar oscila entre 1,0 mg/l y 8,5 mg/l.

Los factores que regulan la cantidad de OD en los océanos y mares son: Temperatura y salinidad del agua, actividad biológica y procesos de mezcla debido a los movimientos del agua del mar. Por lo anterior, aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno. Por esto, una descarga de

agua caliente puede significar la disminución de OD a niveles por debajo del límite necesario para algunas formas de vida.

A continuación se muestran los niveles aproximados de oxígeno disuelto apropiados para la vida acuática:

Tabla 4.22 Calidad del agua para la vida acuática en función de la concentración de oxígeno disuelto

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	CALIDAD DEL AGUA PARA LA VIDA ACUÁTICA
0,0 - 4,0	Mala
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena

Fuente: García, 2010.

Al analizar los valores multianuales de oxígeno disuelto (OD) antes y durante las actividades de dragado, se observó que estos sobrepasan el valor mínimo admisible de 4,0 mg de O₂/litro de oxígeno disuelto, establecido en el 79 del Decreto 3930/2010 “de los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas”.

Gráfica 4-30 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2010



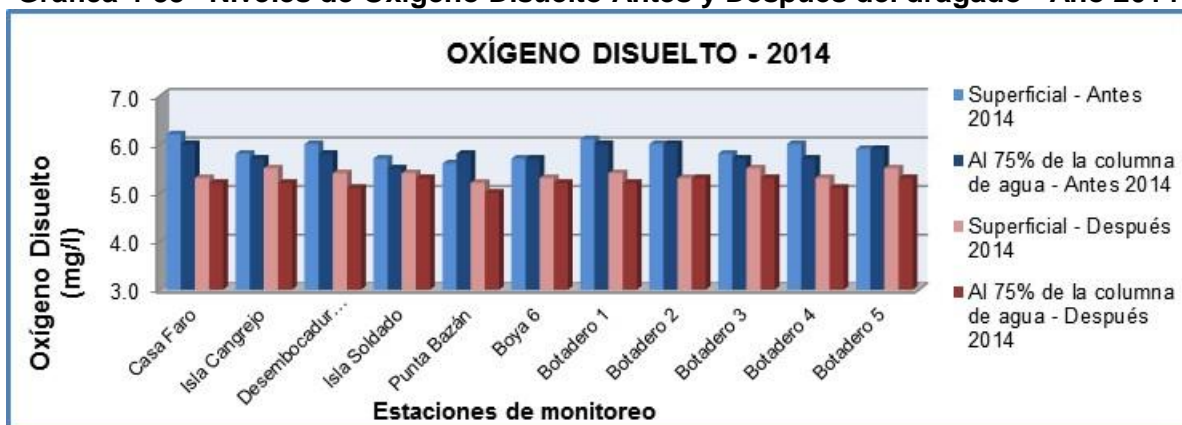
Gráfica 4-31 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2011



Gráfica 4-32 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2012

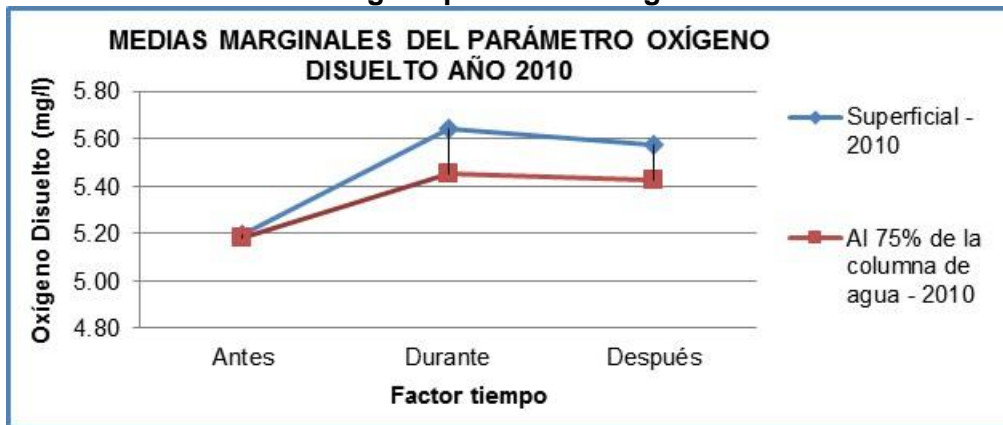


Gráfica 4-33 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado - Año 2014

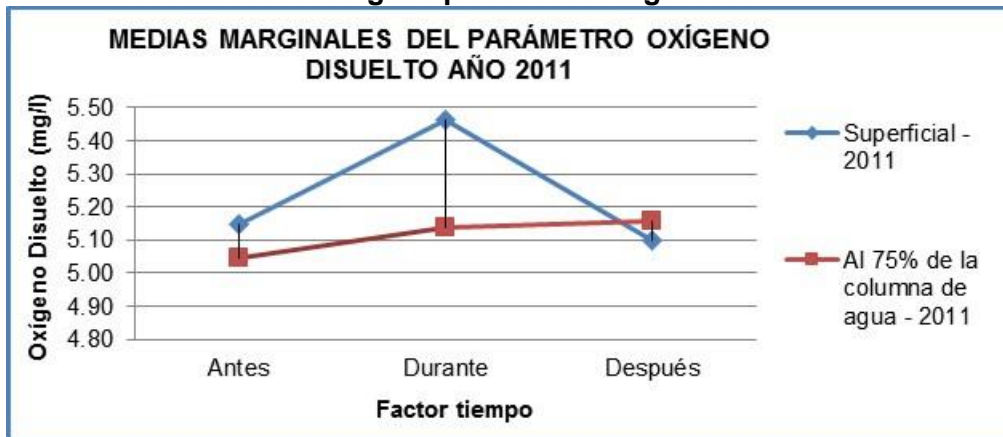


De la Gráfica 4-30, Gráfica 4-31, Gráfica 4-32 y la Gráfica 4-33, se concluye que la actividad de dragado no genera un impacto ambiental en cuando al parámetro de oxígeno disuelto, por el contrario, se observó que la actividad de dragado generó un aumento de las concentraciones de oxígeno disuelto, donde dichas concentraciones tienden a restaurarse con el tiempo (Gráfica 4-34, Gráfica 4-35, Gráfica 4-36 y Gráfica 4-37) indicando que el ecosistema tiende a auto-recuperarse.

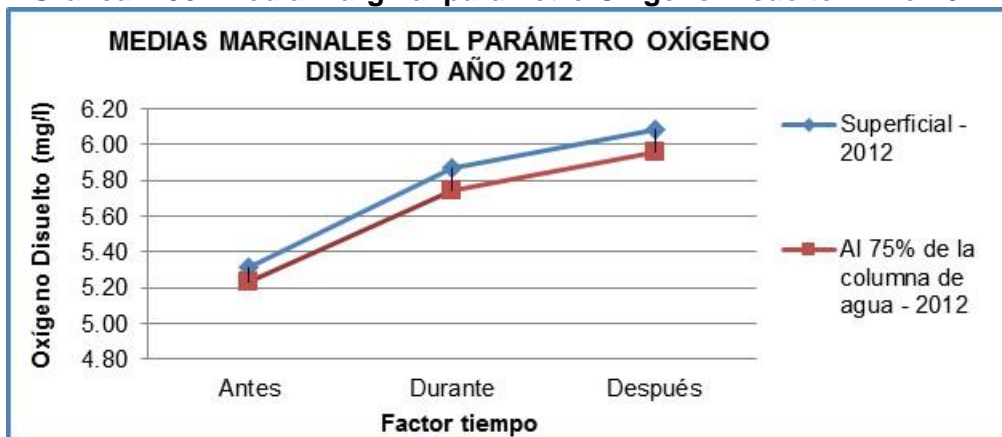
Gráfica 4-34 Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2010



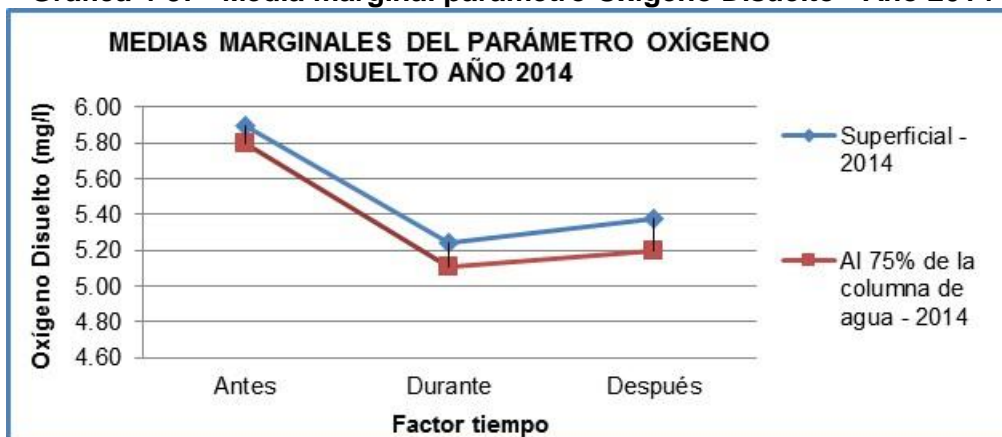
Gráfica 4-35 Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2011



Gráfica 4-36 Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2012



Gráfica 4-37 Media marginal parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2014



Al realizar el análisis ANOVA para el parámetro oxígeno disuelto en cada año muestreado, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.3.1 AÑO 2010

Tabla 4.23 Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2010

Variable Dependiente: OD					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	2,055 ^a	5	,411	2,467	,042
Intercept	1934,401	1	1934,401	11610,541	,000
Tiempo	1,723	2	,861	5,170	,008
Profundidad	,234	1	,234	1,405	,241
Tiempo * Profundidad	,099	2	,049	,296	,745
Error	9,996	60	,167		
Total	1946,452	66			
Corrected Total	12,052	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre el tiempo de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.24 Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2010

Variable Dependiente: OD							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-,3177 [*]	,12307	,032	-,6135	-,0220
		Durante	-,3632 [*]	,12307	,012	-,6589	-,0674
	Después	Antes	,3177 [*]	,12307	,032	,0220	,6135
		Durante	-,0455	,12307	,928	-,3412	,2503
	Durante	Antes	,3632 [*]	,12307	,012	,0674	,6589
		Después	,0455	,12307	,928	-,2503	,3412

Tabla 4.25 Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
OD p - value = 0,008	Antes	5,186	A
	Después	5,504	B
	Durante	5.550	B

En la Tabla 4.24 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas en los tiempos de muestreo: Antes (A), con respecto al tiempo de muestreo: Después y Durante (B).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre los niveles de OD antes y después del dragado, este cambio resulto positivo al observarse un aumento en los niveles de oxígeno disueltos generados por las actividades de dragado.

Figura 4-13 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010

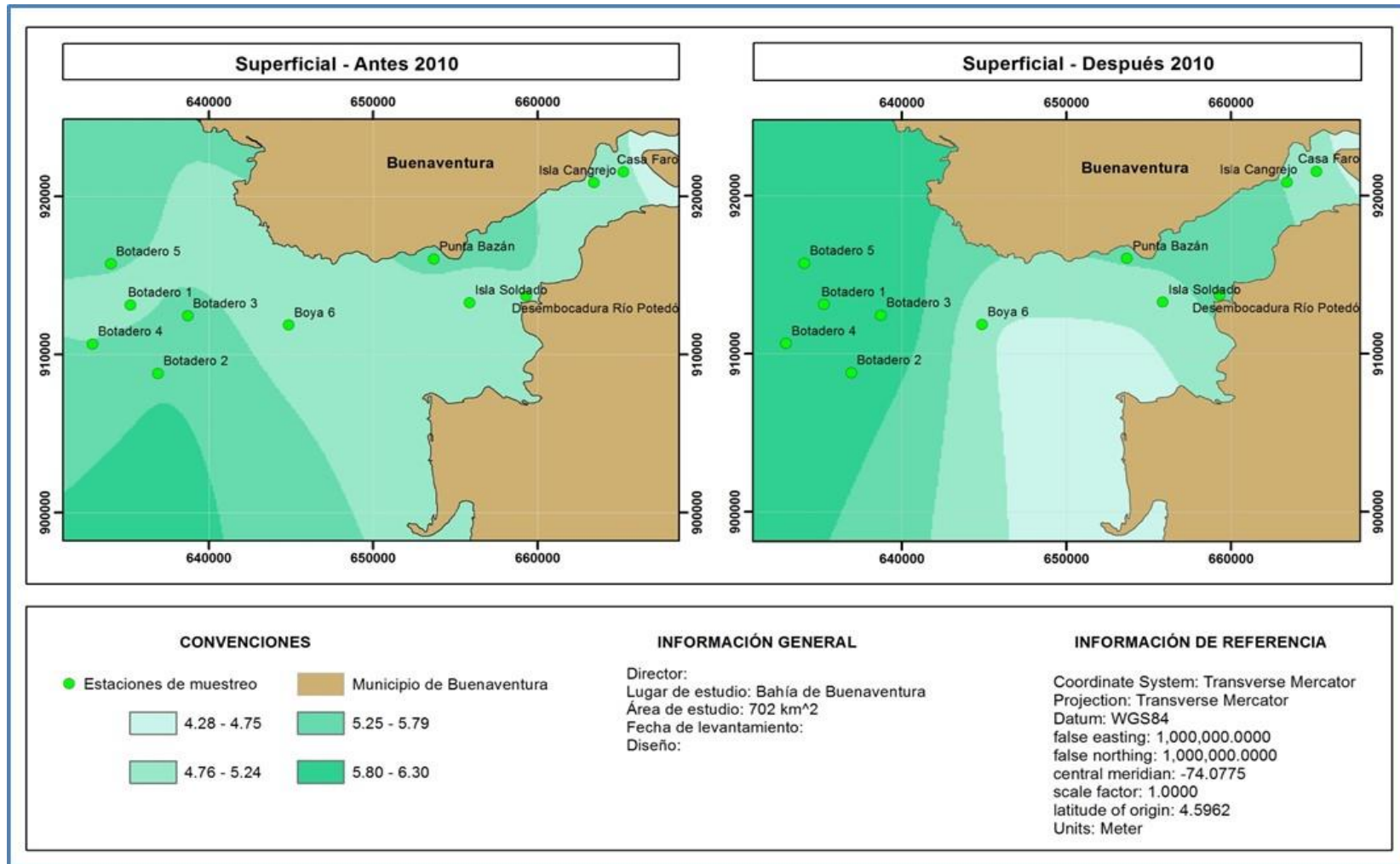
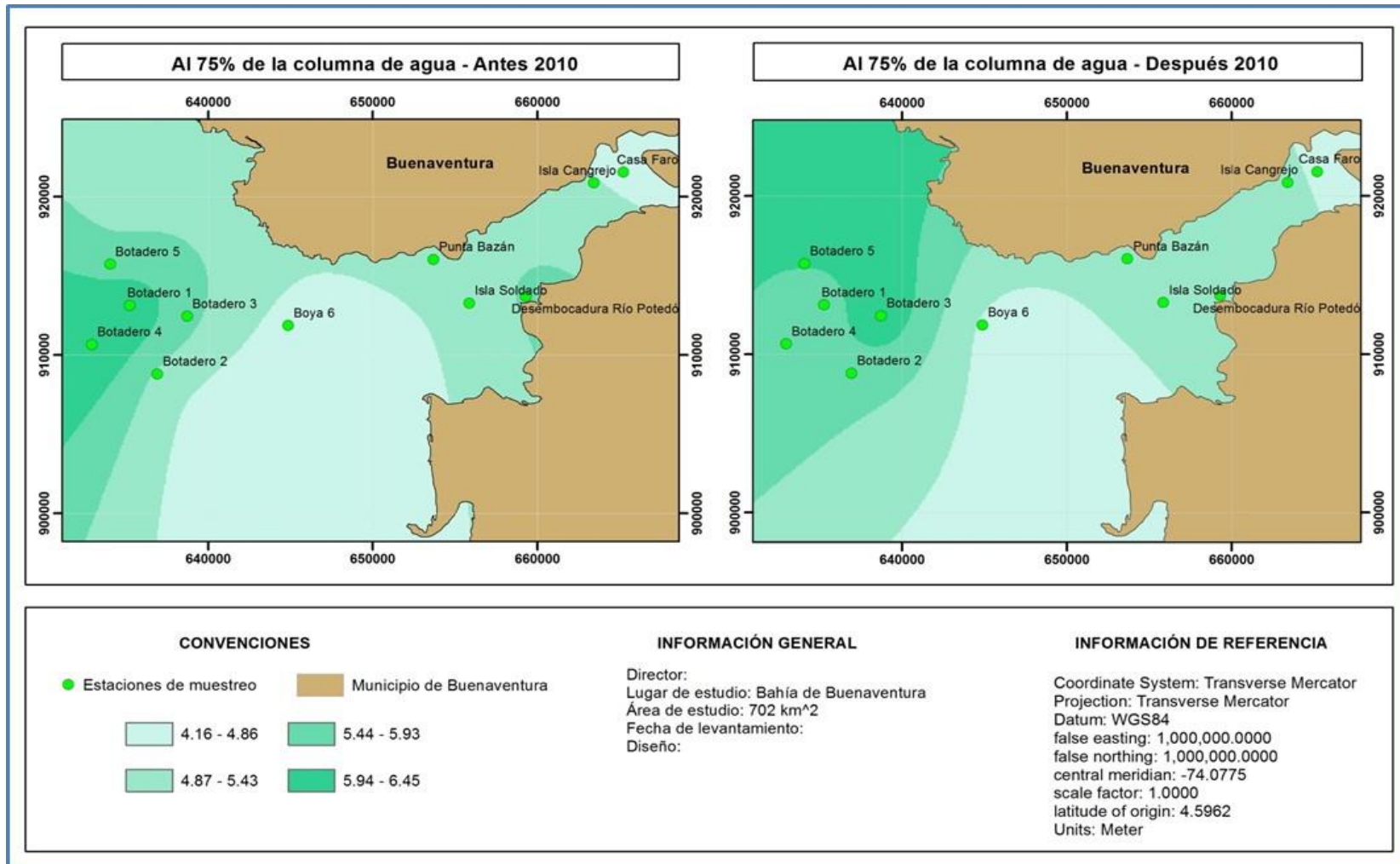


Figura 4-14 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de OD en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-15, Figura 4-16, Figura 4-17 y la Figura 4-18, ilustran la distribución en 3D del OD monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-15 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

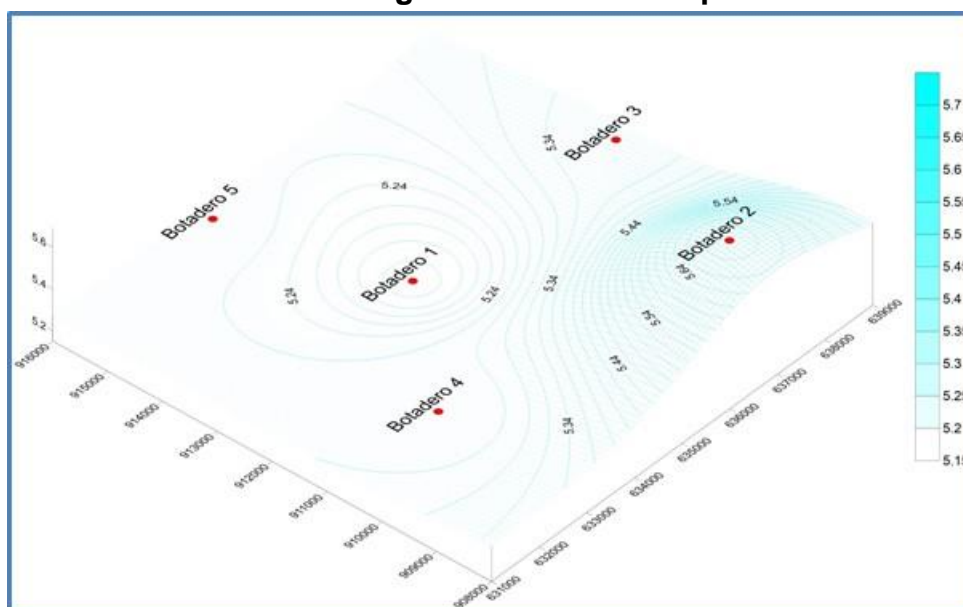


Figura 4-16 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

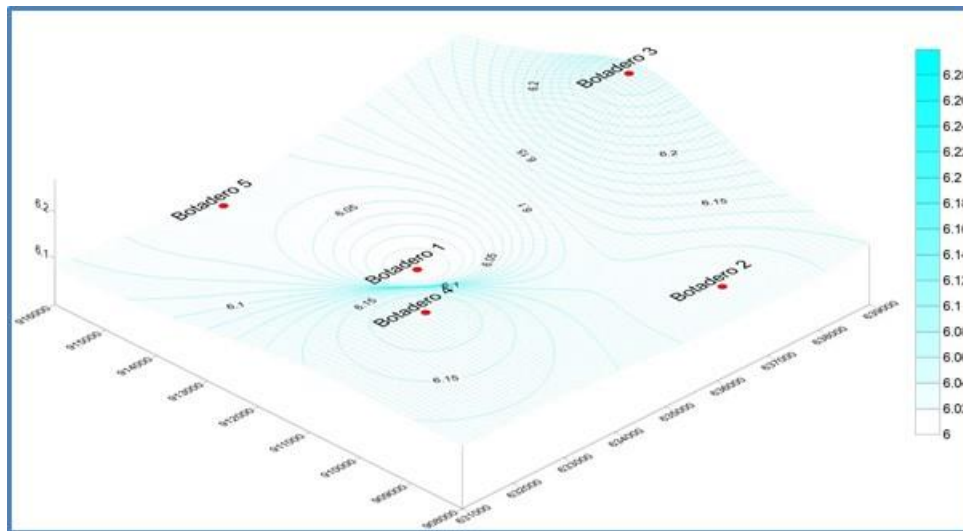


Figura 4-17 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010

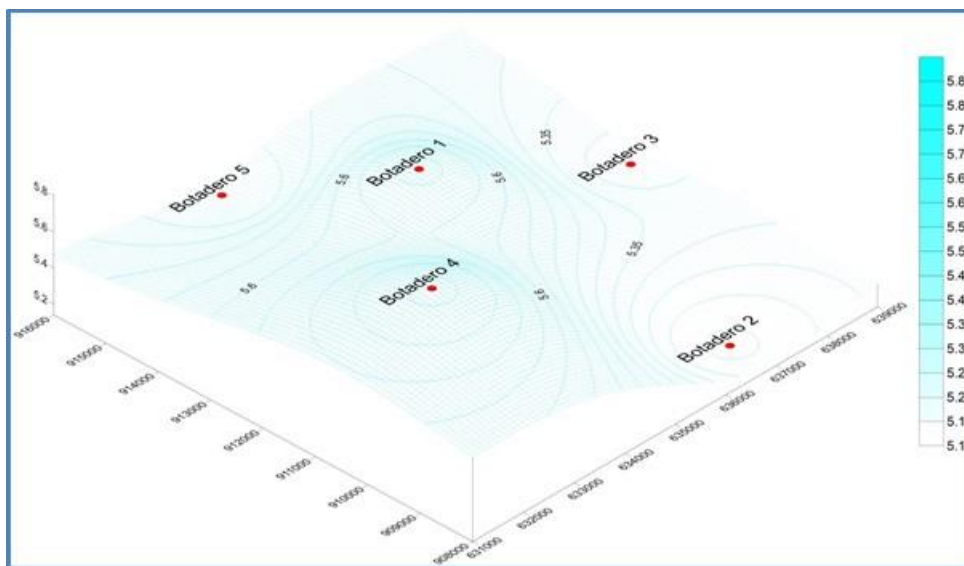
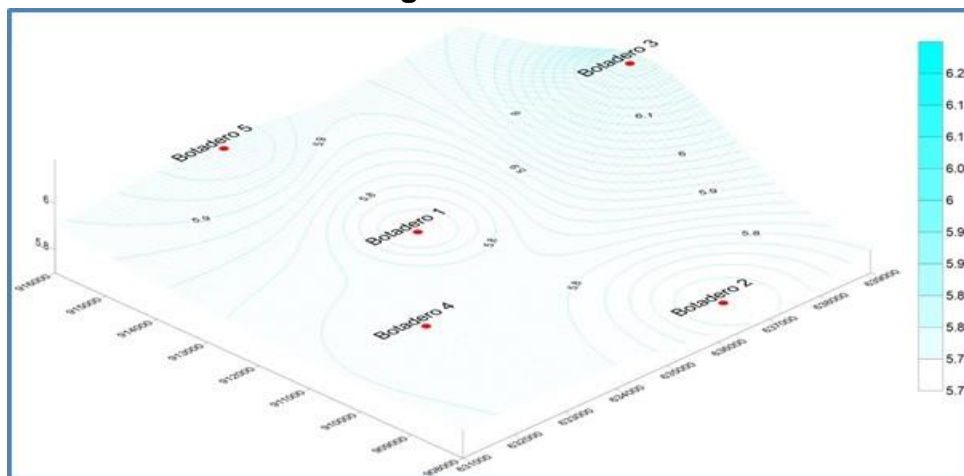


Figura 4-18 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010



4.3.2 AÑO 2011

Tabla 4.26 Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2011

Variable Dependiente: OD					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	1,193 ^a	5	,239	2,869	,022
Intercept	1767,004	1	1767,004	21234,933	,000
Tiempo	,533	2	,267	3,203	,050
Profundidad	,255	1	,255	3,061	,085
Tiempo * Profundidad	,406	2	,203	2,438	,096
Error	4,993	60	,083		
Total	1773,190	66			
Corrected Total	6,186	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que no existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. > 0,05). De acuerdo a lo anterior, no fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), por lo cual se concluye que la actividad de dragado no generó ningún efecto significativo sobre el OD de la Bahía de Buenaventura para el año 2011.

4.3.3 AÑO 2012

Tabla 4.27 Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2012

Variable Dependiente: OD					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	6,713 ^a	5	1,343	38,592	,000
Intercept	2144,340	1	2144,340	61640,436	,000
Tiempo	6,505	2	3,253	93,502	,000
Profundidad	,196	1	,196	5,645	,021
Tiempo * Profundidad	,011	2	,005	,157	,855
Error	2,087	60	,035		
Total	2153,140	66			
Corrected Total	8,800	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre el Tiempo de muestreo y la Profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.28 Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2012

Variable Dependiente: OD							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-,7455 [*]	,05624	,000	-,8806	-,6103
		Durante	-,5364 [*]	,05624	,000	-,6715	-,4012
	Después	Antes	,7455 [*]	,05624	,000	,6103	,8806
		Durante	,2091 [*]	,05624	,001	,0739	,3442
	Durante	Antes	,5364 [*]	,05624	,000	,4012	,6715
		Después	-,2091 [*]	,05624	,001	-,3442	-,0739

Tabla 4.29 Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
OD p - value = 0,000	Antes	5,272	A
	Durante	5,809	B
	Después	6,018	C

En la Tabla 4.28 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas en todos los tiempos de muestreo: Antes (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B) y Después (C).

Cabe resaltar que si bien se presentaron diferencias significativas entre los niveles de OD antes y después del dragado, este cambio resulto positivo al observarse un aumento en los niveles de oxígeno disueltos generados por las actividades de dragado.

Figura 4-19 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012

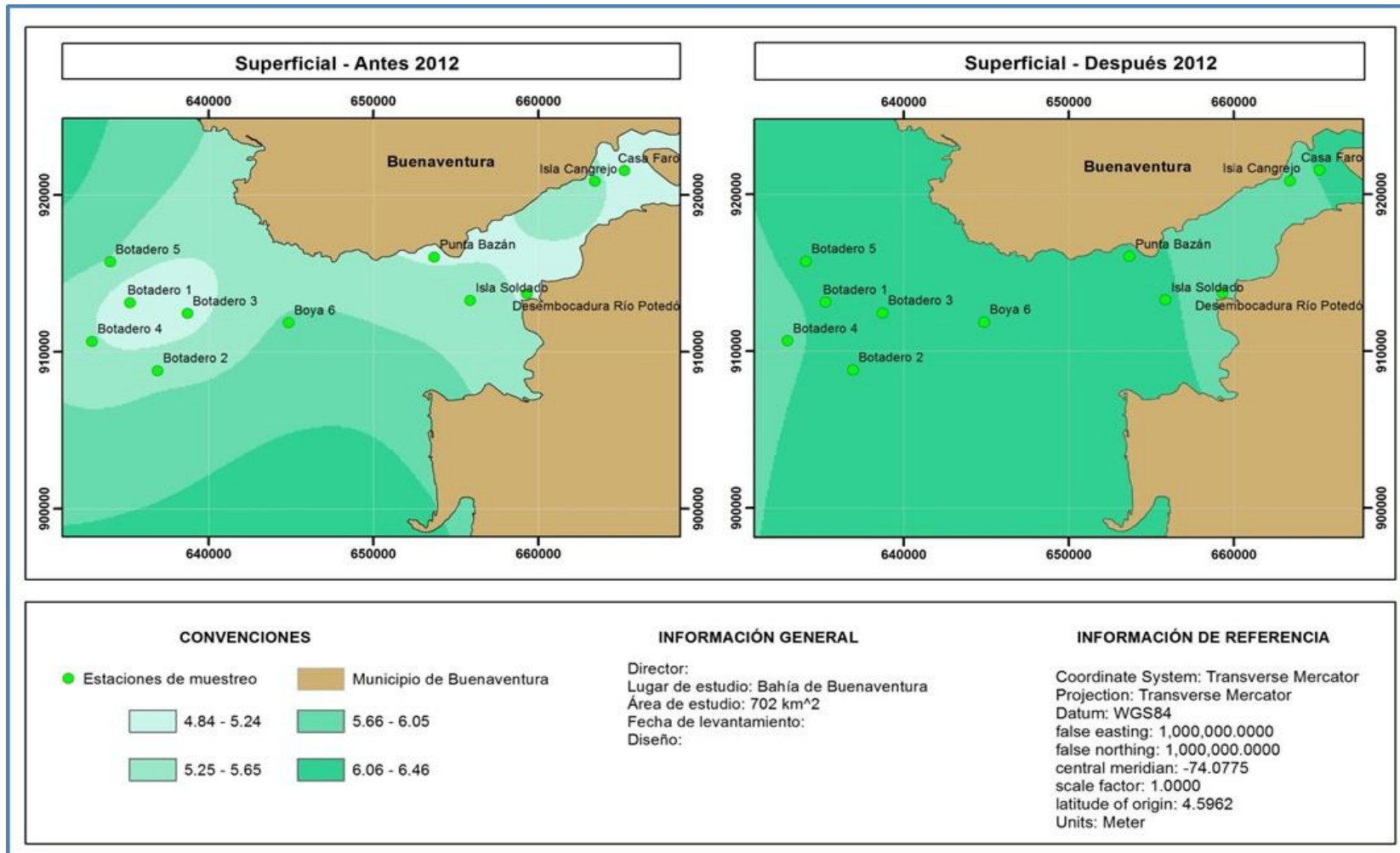
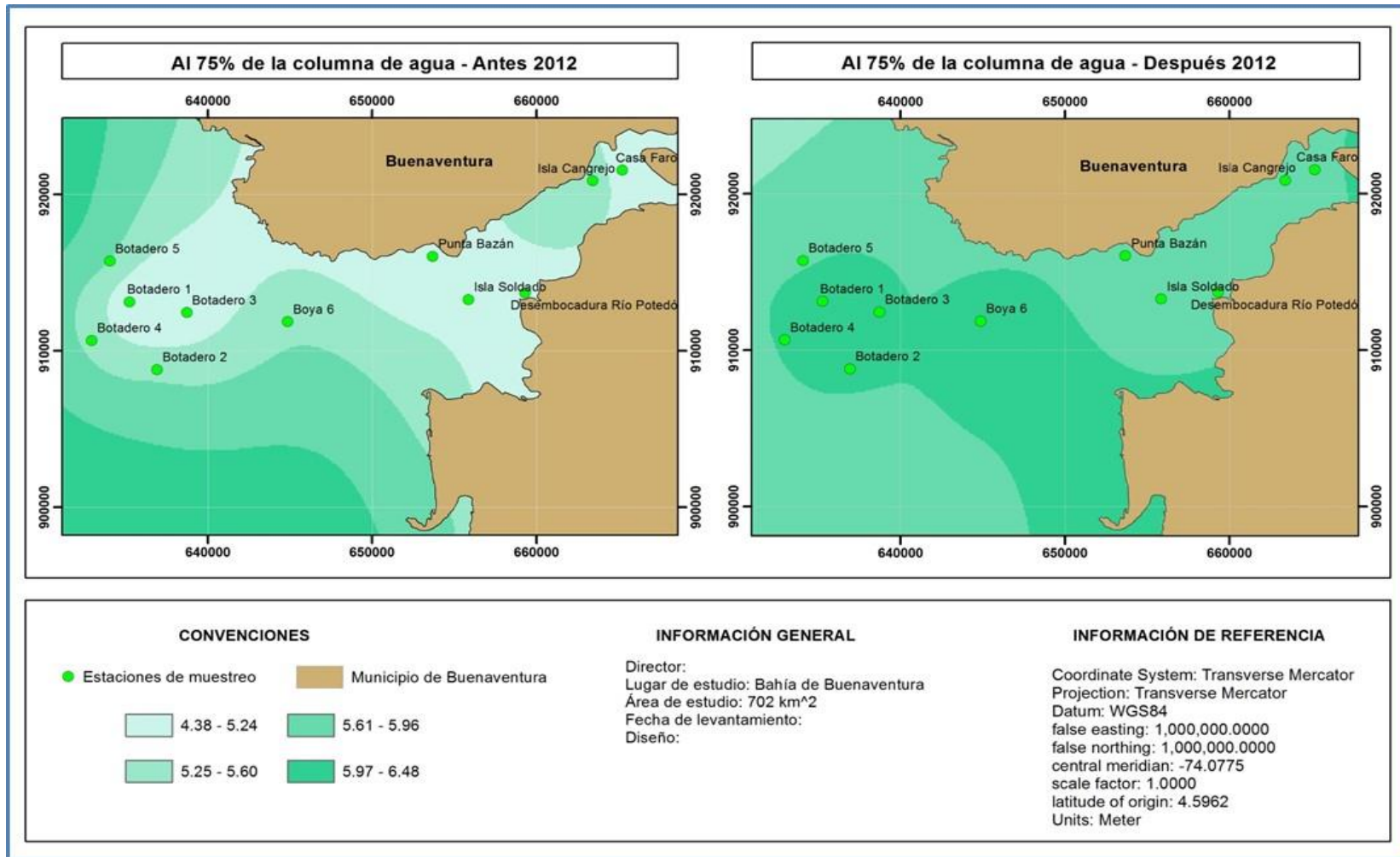


Figura 4-20 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de OD en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-21, Figura 4-22, Figura 4-23 y Figura 4-24, ilustran la distribución en 3D del OD monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-21 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

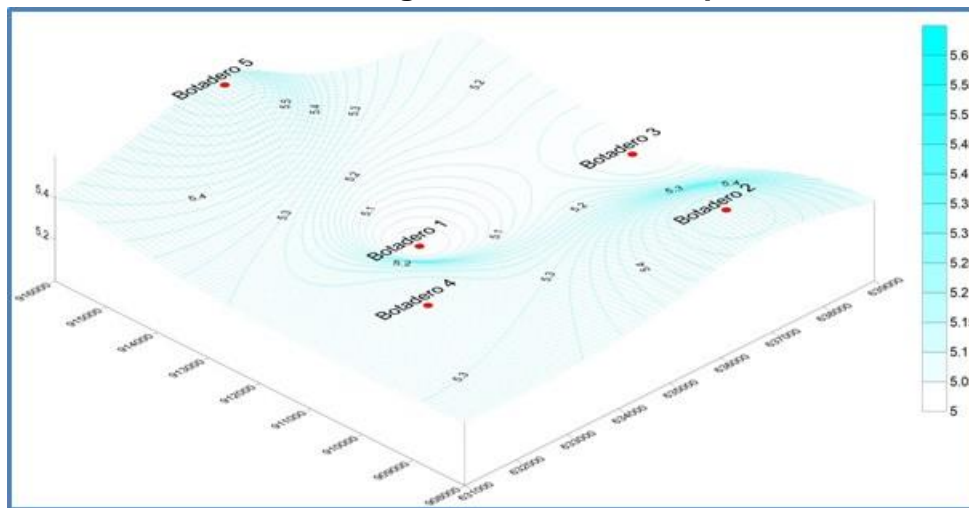


Figura 4-22 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

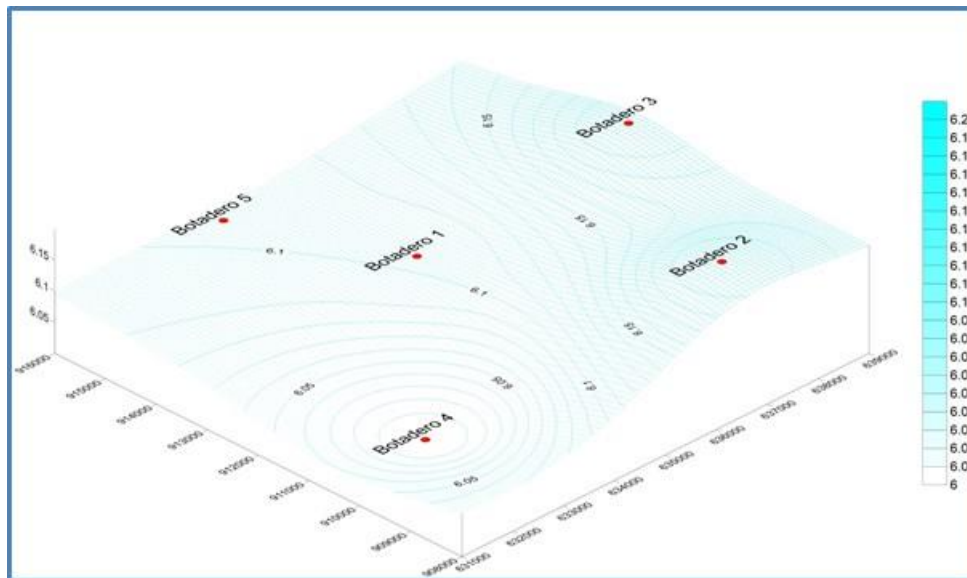


Figura 4-23 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012

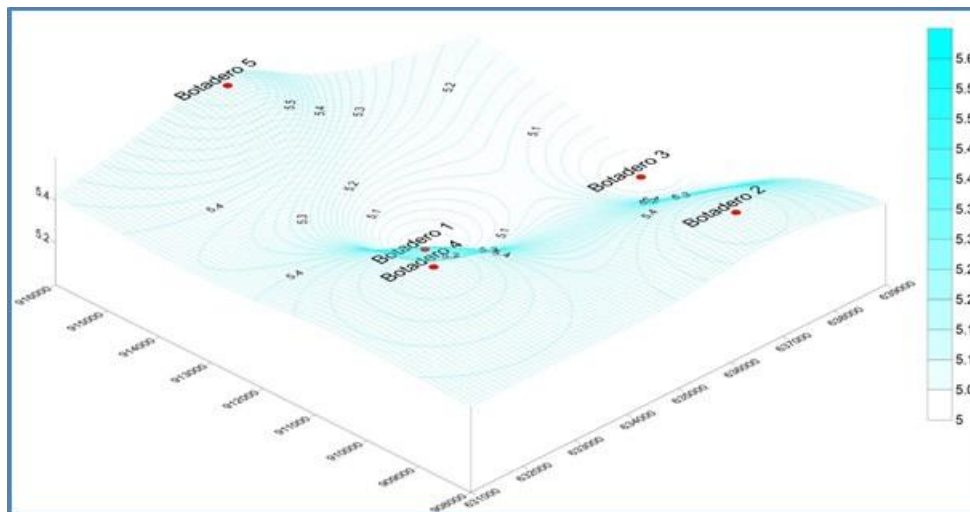
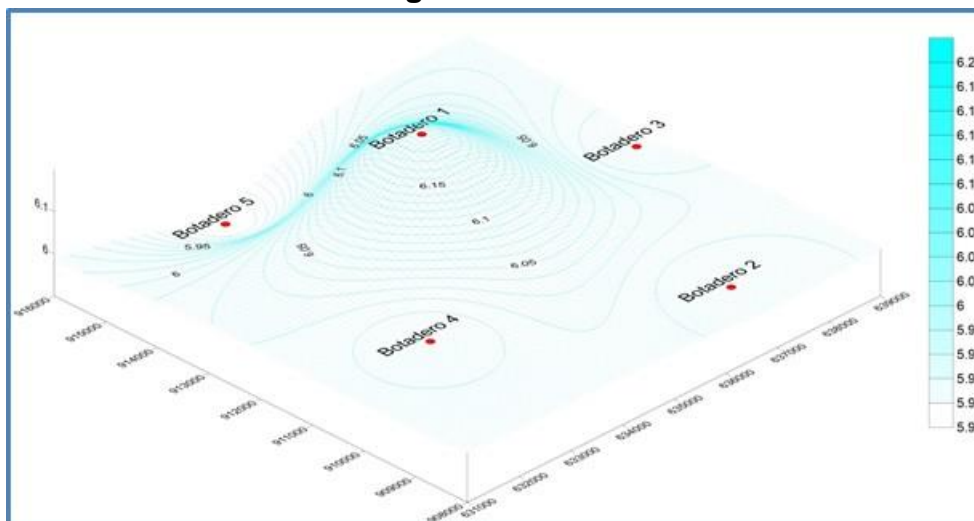


Figura 4-24 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012



4.3.4 AÑO 2014

Tabla 4.30 Prueba ANOVA para el parámetro Oxígeno Disuelto - Año 2014

Variable Dependiente: OD					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG,
Corrected Model	5,965 ^a	5	1,193	72,508	,000
Intercept	1950,567	1	1950,567	118542,762	,000
Tiempo	5,654	2	2,827	171,796	,000
Profundidad	,293	1	,293	17,827	,000
Tiempo * Profundidad	,018	2	,009	,562	,573
Error	,987	60	,016		
Total	1957,520	66			
Corrected Total	6,953	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre el Tiempo de muestreo y la Profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.31 Prueba Post-Anova para el parámetro Oxígeno Disuelto en función del tiempo de muestreo – Año 2014

Variable Dependiente: OD							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	.5591 [*]	.03868	.000	.4661	.6520
		Durante	.6682 [*]	.03868	.000	.5752	.7611
	Después	Antes	-.5591 [*]	.03868	.000	-.6520	-.4661
		Durante	.1091 [*]	.03868	.018	.0161	.2020
	Durante	Antes	-.6682 [*]	.03868	.000	-.7611	-.5752
		Después	-.1091 [*]	.03868	.018	-.2020	-.0161

Tabla 4.32 Análisis de comparación de medias parámetro Oxígeno Disuelto en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
OD p - value = 0,000	Durante	5,177	A
	Después	5,286	B
	Antes	5,845	C

En la Tabla 4.31 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas en todos los tiempos de muestreo: Antes (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B) y Después (C).

Figura 4-25 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014

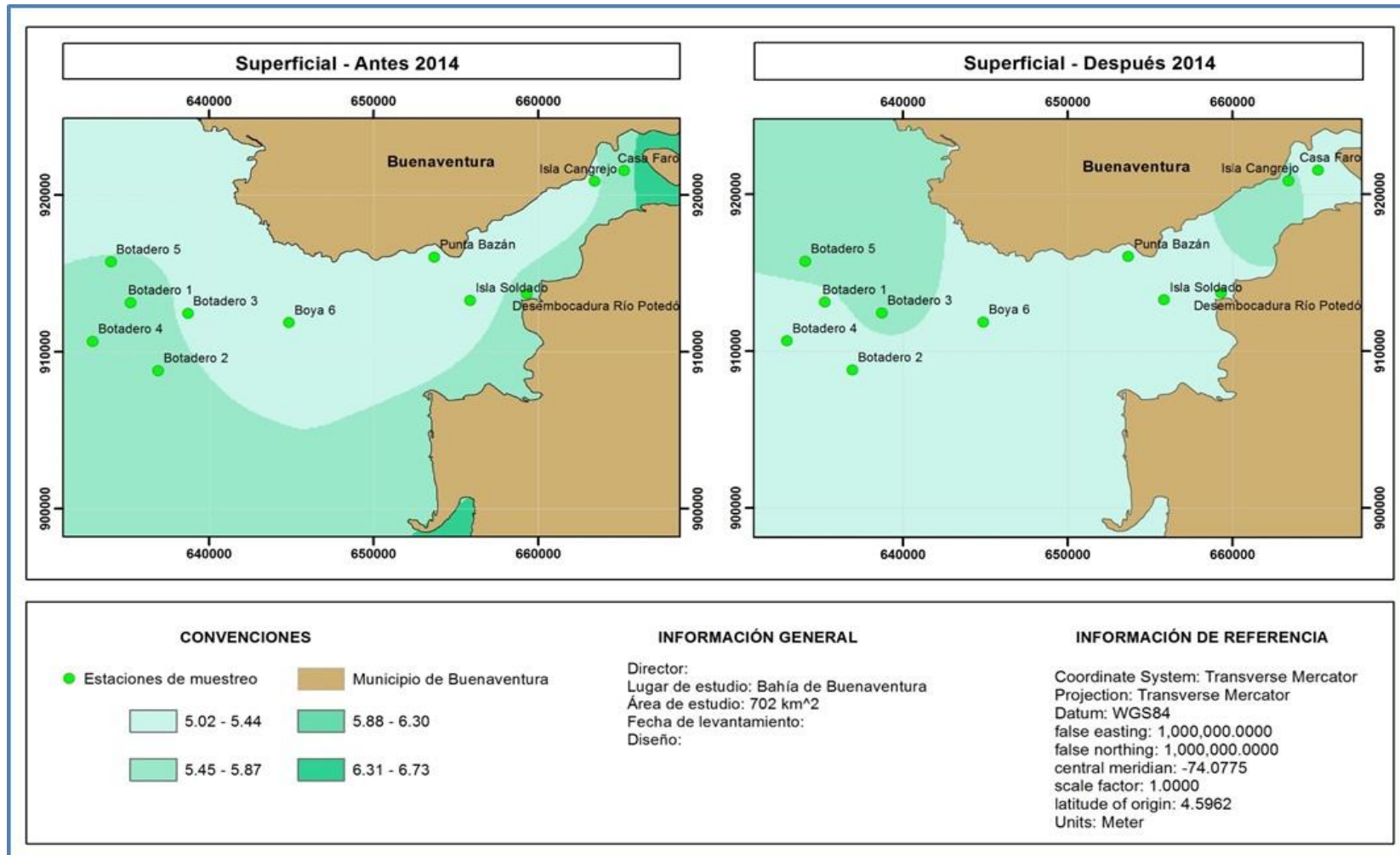
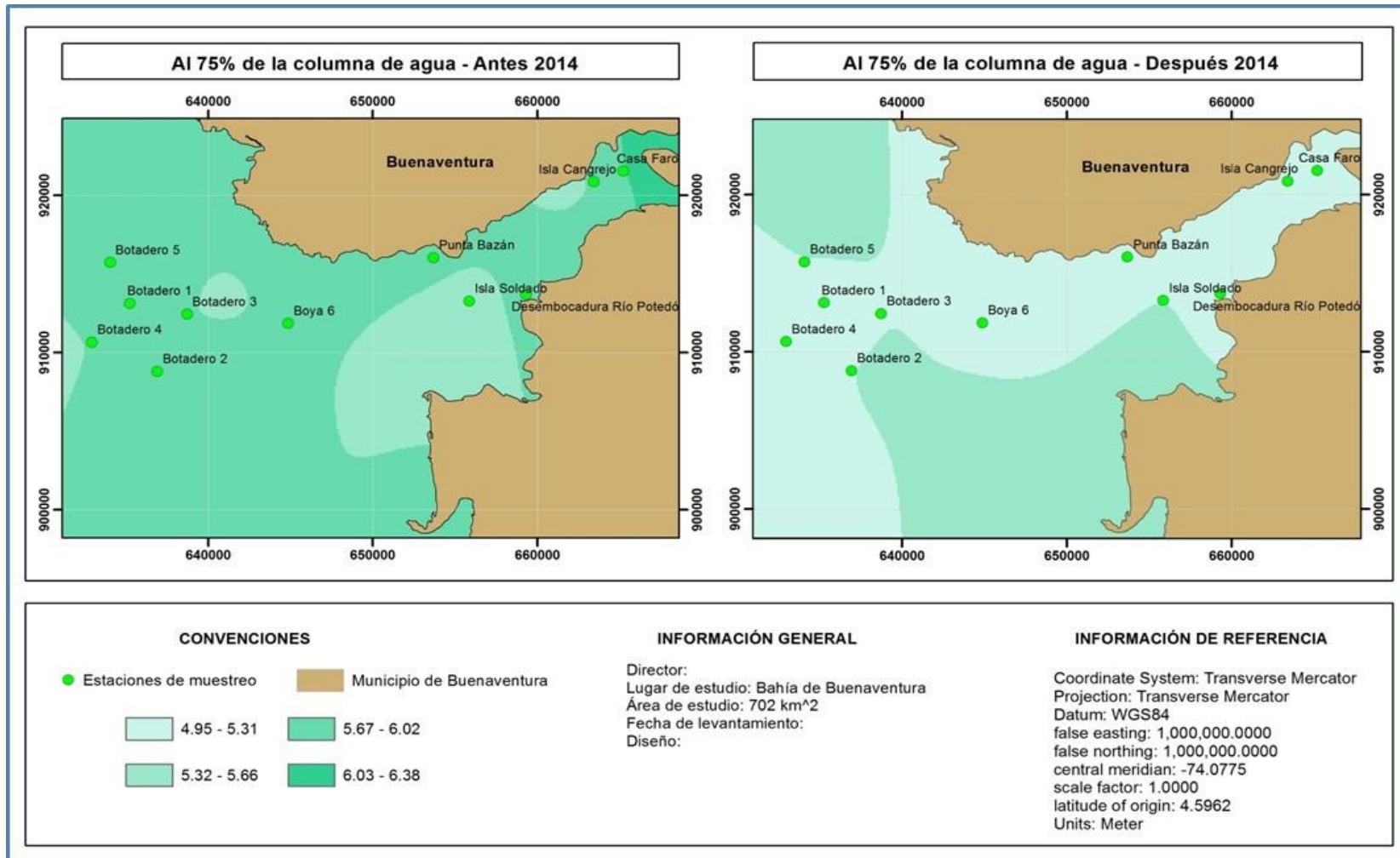


Figura 4-26 Distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de OD en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-27, Figura 4-28, Figura 4-29, y la Figura 4-30, ilustran la distribución en 3D del OD monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-27 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

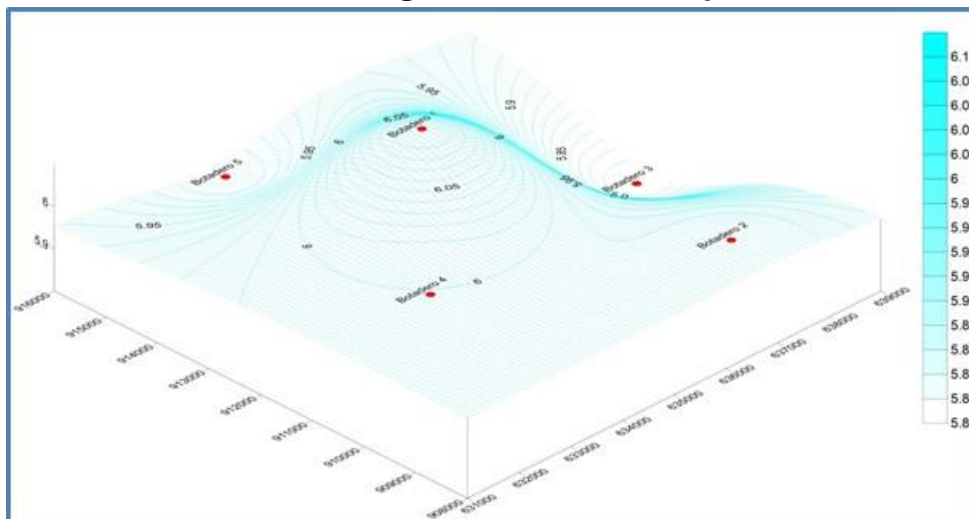


Figura 4-28 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

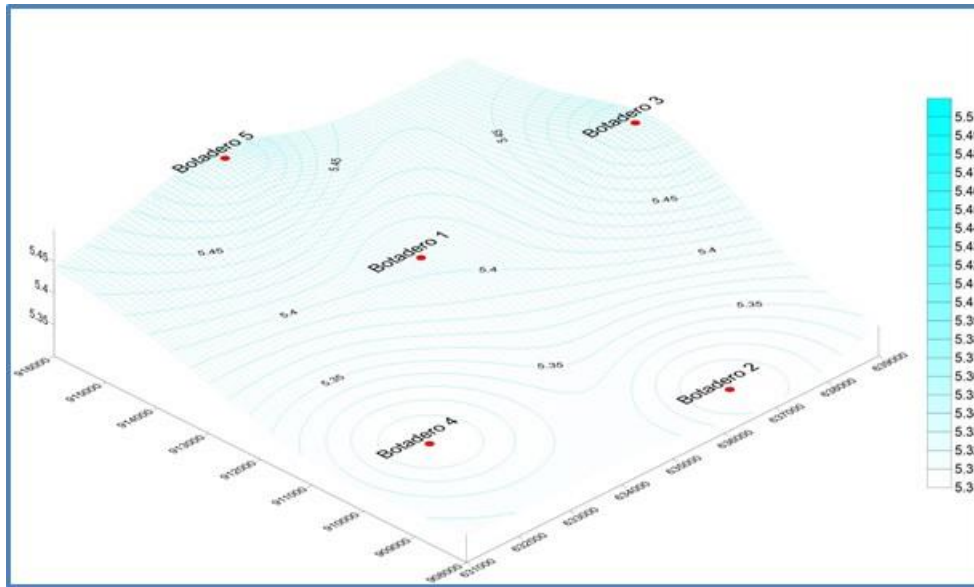


Figura 4-29 Tendencia del OD antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014

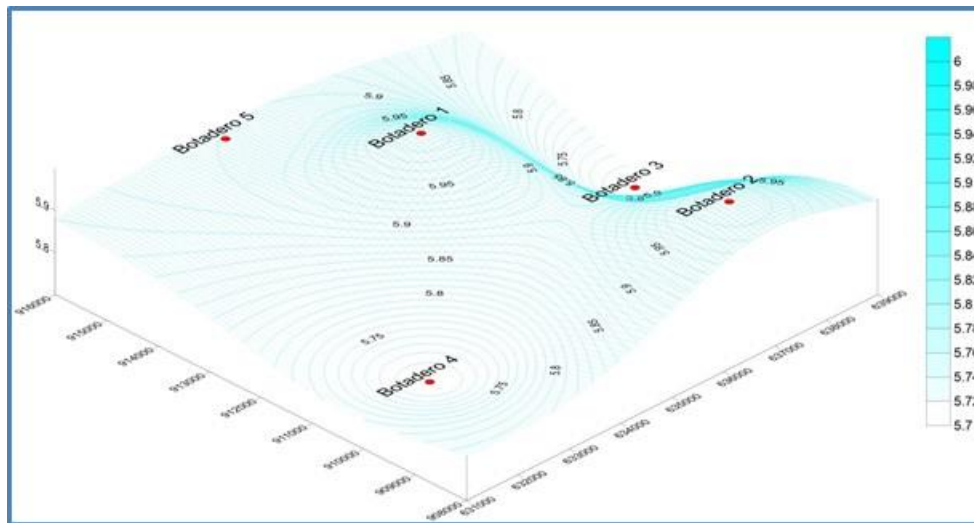
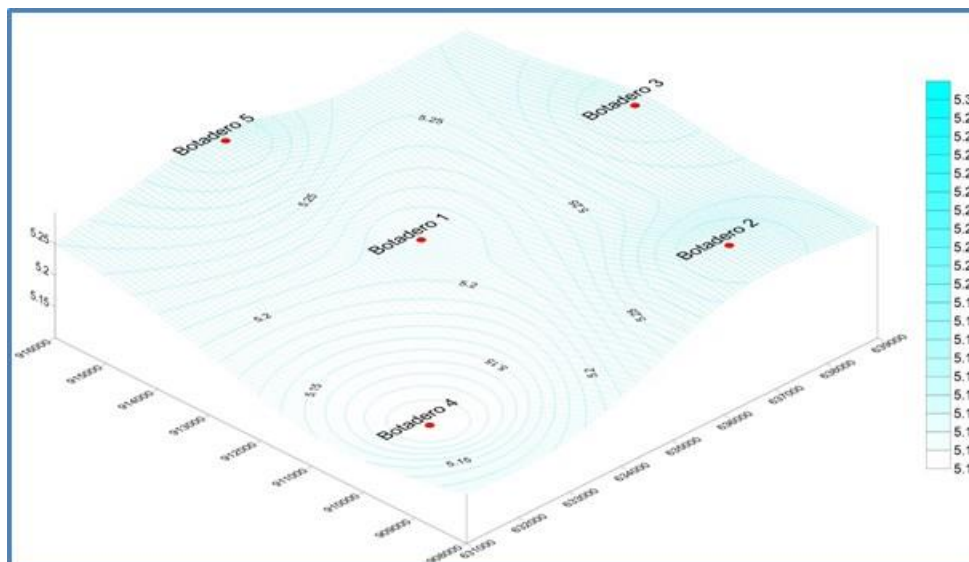


Figura 4-30 Tendencia del OD después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014



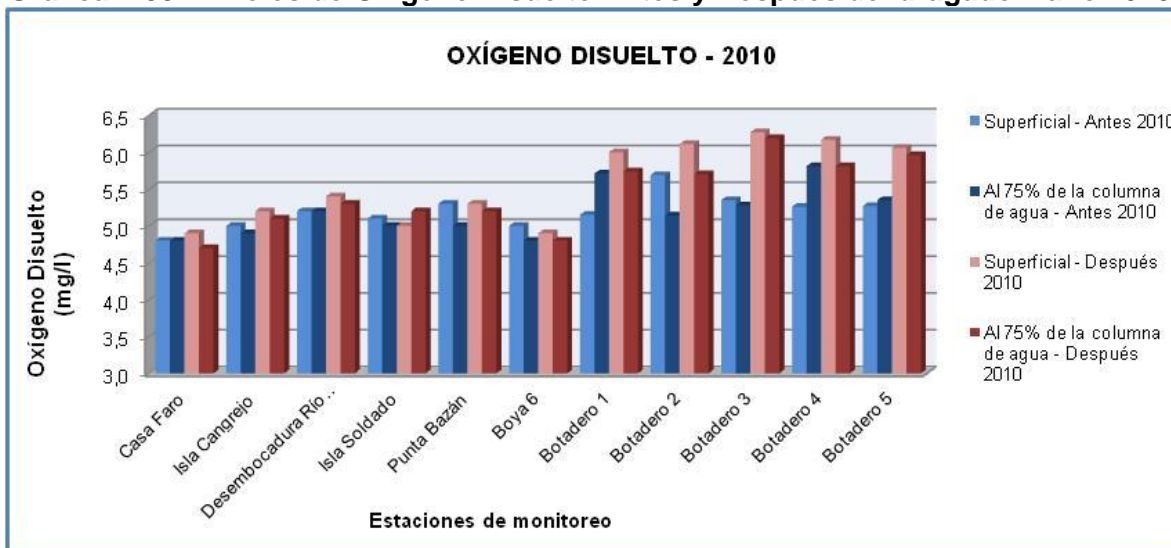
4.3.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL OXÍGENO DISUELTO

A continuación se presenta la comparación multianual del parámetro oxígeno disuelto en los monitoreos localizados a nivel superficial y con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observan aumento del oxígeno disuelto posterior a la actividad de dragado, también es visible un mínima variación en los contenidos de OD en relación a las muestras tomadas a nivel superficial y las tomadas al 75% de la columna de agua. La variación más representativa se presenta para el año 2010 posterior a las actividades de dragado donde se presenta un aumento del 0,4 en la muestra a nivel superficial y 0.2 en el 75% de la columna de agua.

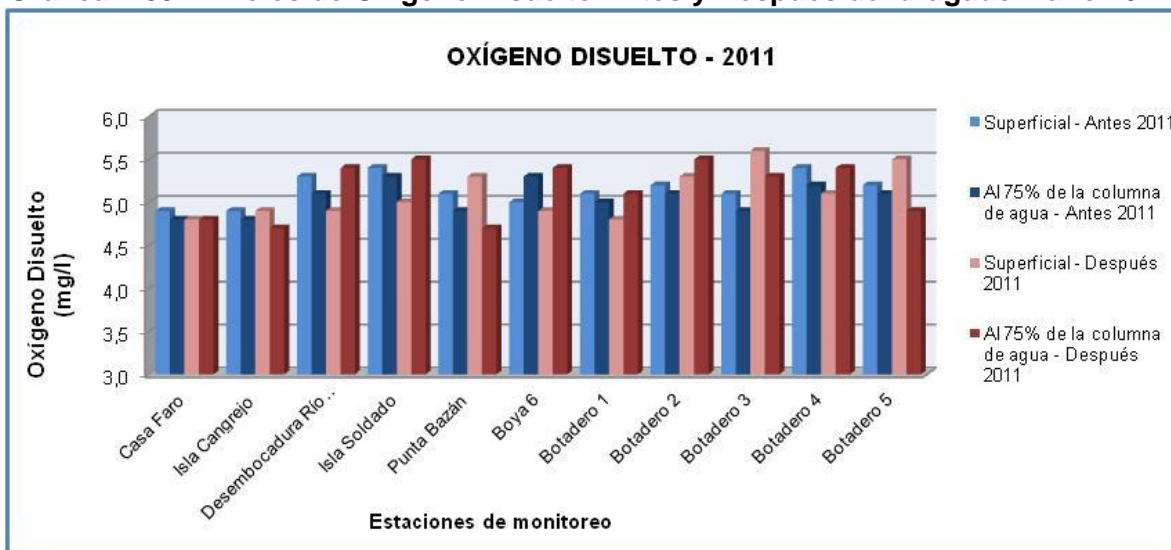
Tabla 4.33 Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes y después

Oxígeno Disuelto				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	5,2	5,1	5,3	5,9
al 75%	5,2	5,0	5,2	5,8
Promedio	5,2	5,1	5,1	5,8
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	5,6	5,1	6,1	5,4
al 75%	5,4	5,2	6,0	5,2
Promedio	5,5	5,2	6,0	5,3

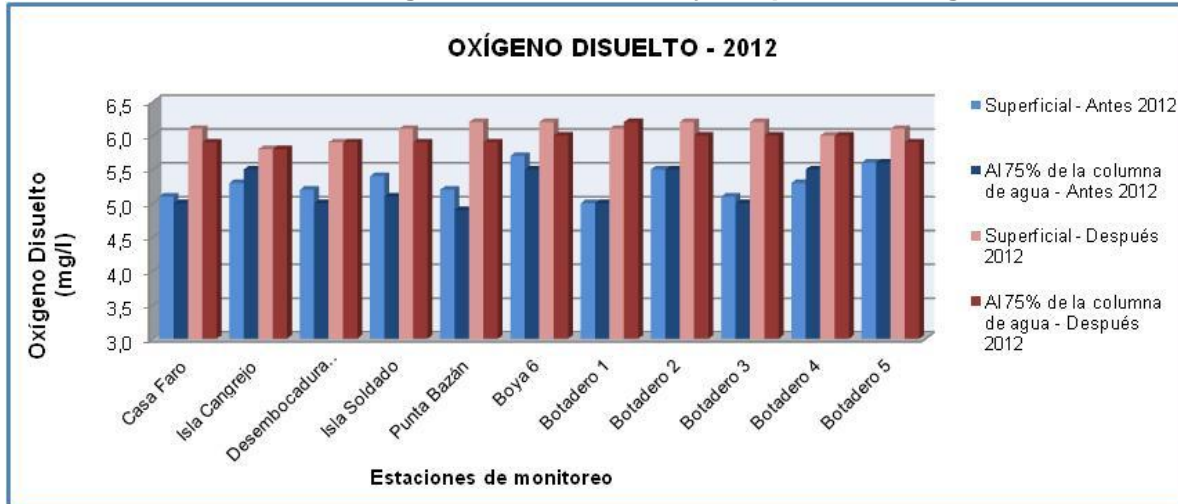
Gráfica 4-38 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2010



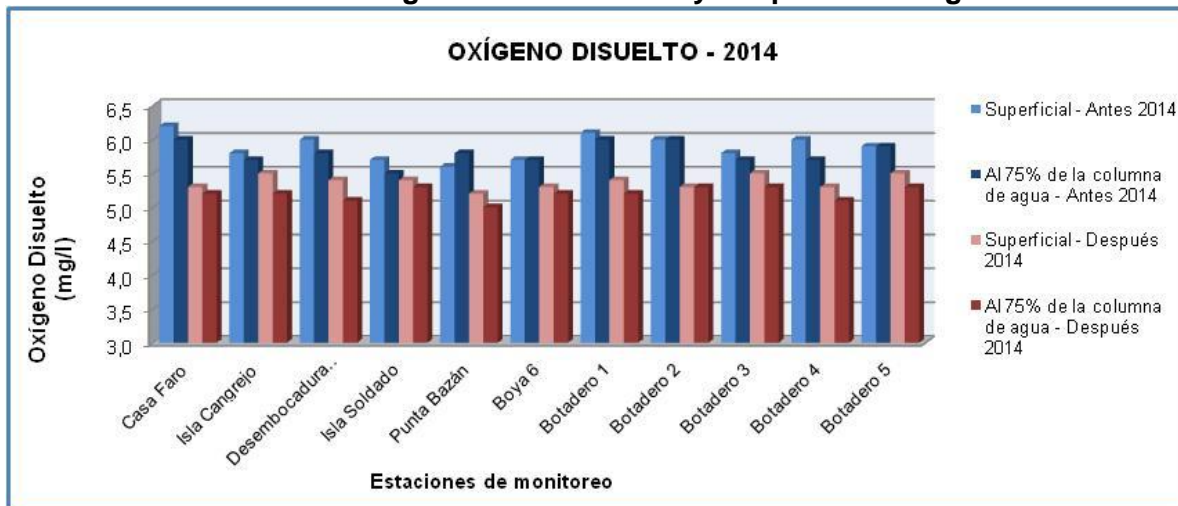
Gráfica 4-39 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-40 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-41 Niveles de Oxígeno Disuelto Antes y Después del dragado – año 2014



A continuación se presenta la media marginal para el parámetro oxígeno disuelto para los años 2010, 2011, 2012 y 2014 ya que en estos presenta una variación significativa al realizar el análisis de ANOVA.

Gráfica 4-42 Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2010

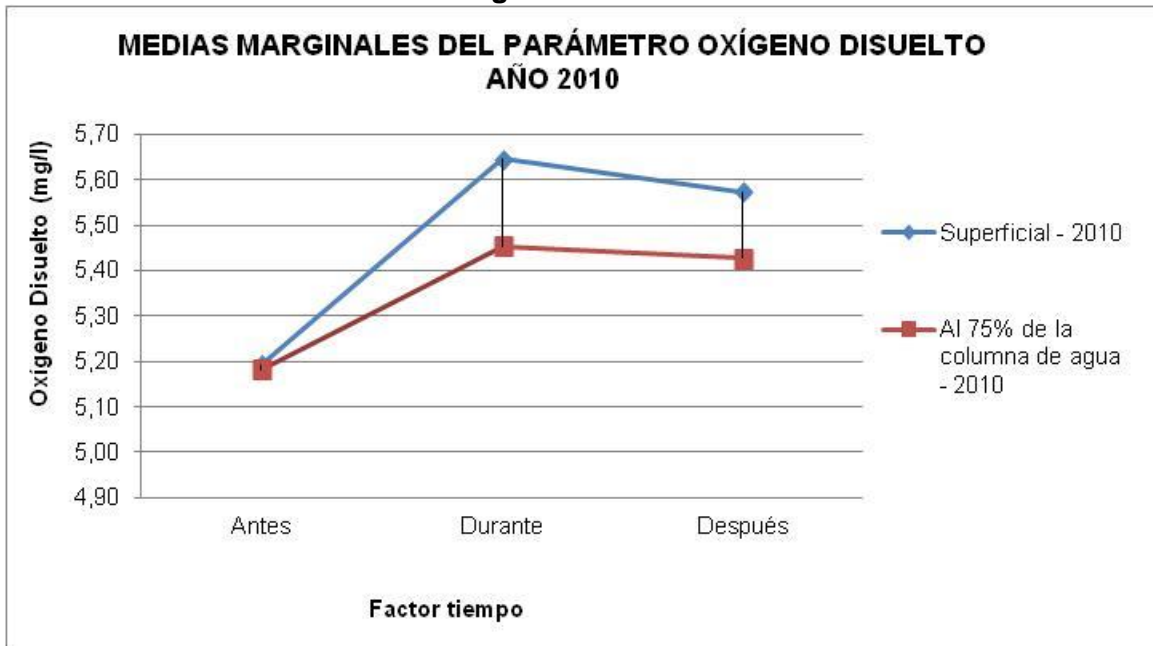


Tabla 4.34 Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2010.

Oxígeno Disuelto 2010				
Periodo	Antes	Durante	Despues	Promedio
Superficial	5,19	5,65	5,57	5,47
al 75%	5,18	5,45	5,43	5,35
Promedio	5,19	5,55	5,50	

Gráfica 4-43 Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2011

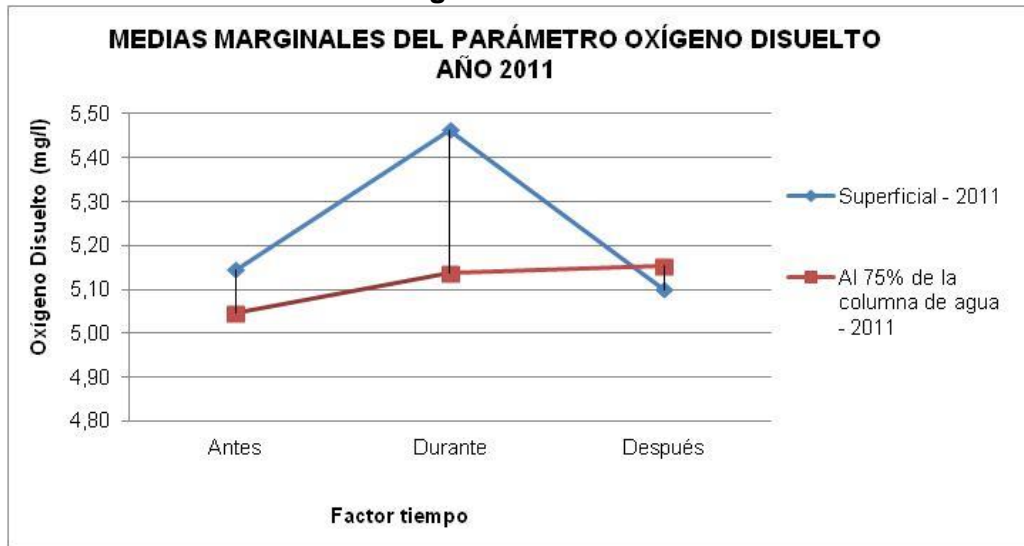


Tabla 4.35 Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2011.

Oxígeno Disuelto 2011				
Periodo	Antes	Durante	Despues	Promedio
Superficial	5,15	5,46	5,10	5,24
al 75%	5,05	5,14	5,15	5,11
Promedio	5,10	5,30	5,13	

Gráfica 4-44 Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2012

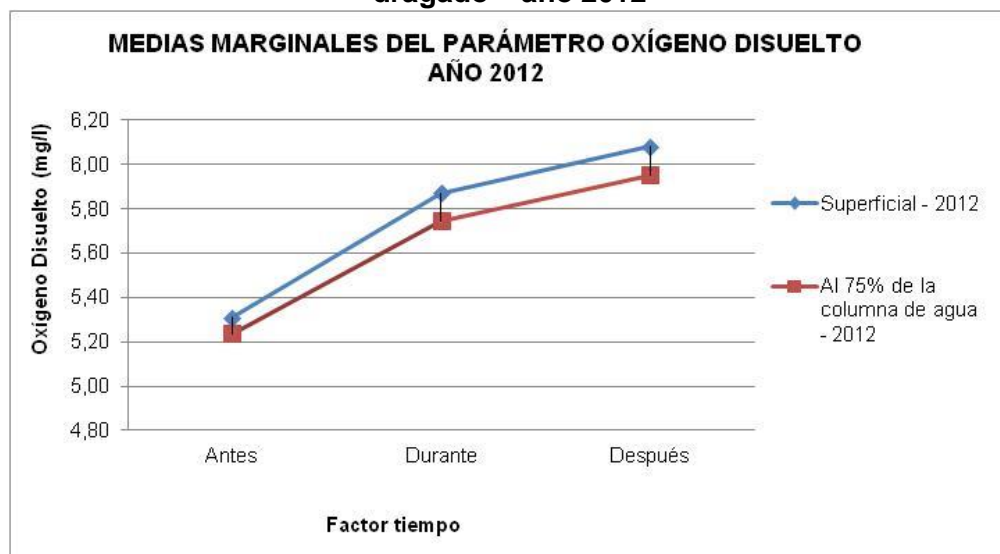


Tabla 4.36 Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2012.

Oxígeno Disuelto 2012				
Periodo	Antes	Durante	Despues	Promedio
Superficial	5,31	5,87	6,08	5,75
al 75%	5,24	5,75	5,95	5,65
Promedio	5,27	5,81	6,02	

Gráfica 4-45 Media marginal Osígeno Disuelto Antes, Durante y Después del dragado – año 2014

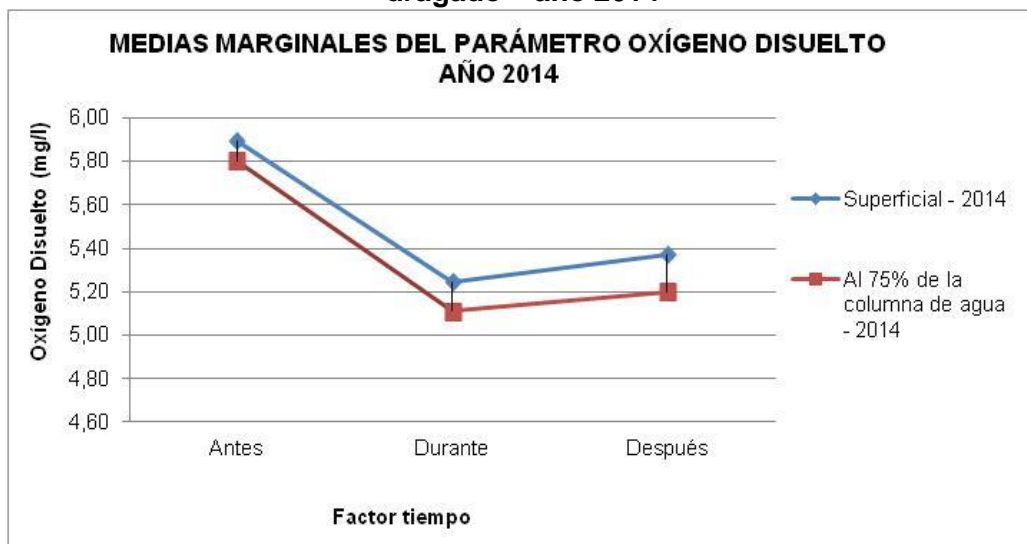


Tabla 4.37 Comparación Multianual Oxígeno Disuelto antes, durante despues año 2014.

Oxígeno Disuelto 2014				
Periodo	Antes	Durante	Despues	Promedio
Superficial	5,89	5,25	5,37	5,50
al 75%	5,80	5,11	5,20	5,37
Promedio	5,85	5,18	5,29	

4.4 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Los sólidos en suspensión están formados por partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal. Estos sólidos no sedimentan por gravedad cuando el agua está en reposo, tal como si ocurre con los sólidos sedimentables.

Los sólidos suspendidos determinan en gran parte el color aparente del agua y la profundidad hasta la cual penetra la luz del Sol, es decir la franja aeróbica y fotosintética de un reservorio o cuerpo de aguas, siendo un limitante para el crecimiento de la flora, lo que impide la producción de oxígeno. De igual manera estos sólidos suspendidos están estrechamente relacionados con la turbidez del agua, cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez.

A nivel nacional no existe norma vigente aplicable que regule la concentración de este parámetro.

El análisis multianual de las concentraciones de SST antes y después del dragado, se presenta a continuación:

Gráfica 4-46 Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2010



Gráfica 4-47 Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2011



Gráfica 4-48 Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2012



Gráfica 4-49 Concentraciones de SST Antes y Después del dragado - Año 2014



Basados en estudios del Centro de Control de Contaminación del Pacífico – CCCP y el Centro de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica – CIOH las composiciones típicas de agua de mar establecidas para el parámetro SST varían entre 10 mg/L y 100 mg/l donde el valor de diez miligramos por litro representa el valor mínimo normal de sólidos suspendidos en cualquier fuente natural de agua marina, mientras que el valor 100 representa el límite máximo permisible. De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que las concentraciones halladas se encuentran por debajo del rango máximo establecido en los estudios de las entidades antes mencionadas.

Al realizar el análisis ANOVA para el parámetro oxígeno disuelto en cada año muestreado, se obtuvieron los siguientes resultados:

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.38 Prueba ANOVA para el parámetro pH - Año 2010

Dependent Variable: SST					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	11174,704 ^a	5	2234,941	4,171	,003
Intercept	91102,946	1	91102,946	170,033	,000
Tiempo	10951,204	2	5475,602	10,220	,000
Profundidad	197,255	1	197,255	,368	,546
Tiempo * Profundidad	26,246	2	13,123	,024	,976
Error	32147,720	60	535,795		
Total	134425,370	66			
Corrected Total	43322,424	65			

4.4.1 AÑO 2010

Tabla 4.39 Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2010

Dependent Variable: SST					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	11174,704 ^a	5	2234,941	4,171	,003
Intercept	91102,946	1	91102,946	170,033	,000
Tiempo	10951,204	2	5475,602	10,220	,000
Profundidad	197,255	1	197,255	,368	,546
Tiempo * Profundidad	26,246	2	13,123	,024	,976
Error	32147,720	60	535,795		
Total	134425,370	66			
Corrected Total	43322,424	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.40 Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2010

Dependent Variable: SST							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-13,15	6,979	,152	-29,92	3,63
		Durante	-31,41 [*]	6,979	,000	-48,19	-14,64
	Después	Antes	13,15	6,979	,152	-3,63	29,92
		Durante	-18,27 [*]	6,979	,030	-35,04	-1,50
	Durante	Antes	31,41 [*]	6,979	,000	14,64	48,19
		Después	18,27 [*]	6,979	,030	1,50	35,04

Tabla 4.41 Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
SST p - value = 0,000	Antes	22,30	A
	Después	35,45	A
	Durante	53,71	B

En la Tabla 4.40 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Antes y Después (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B).

Figura 4-31 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010

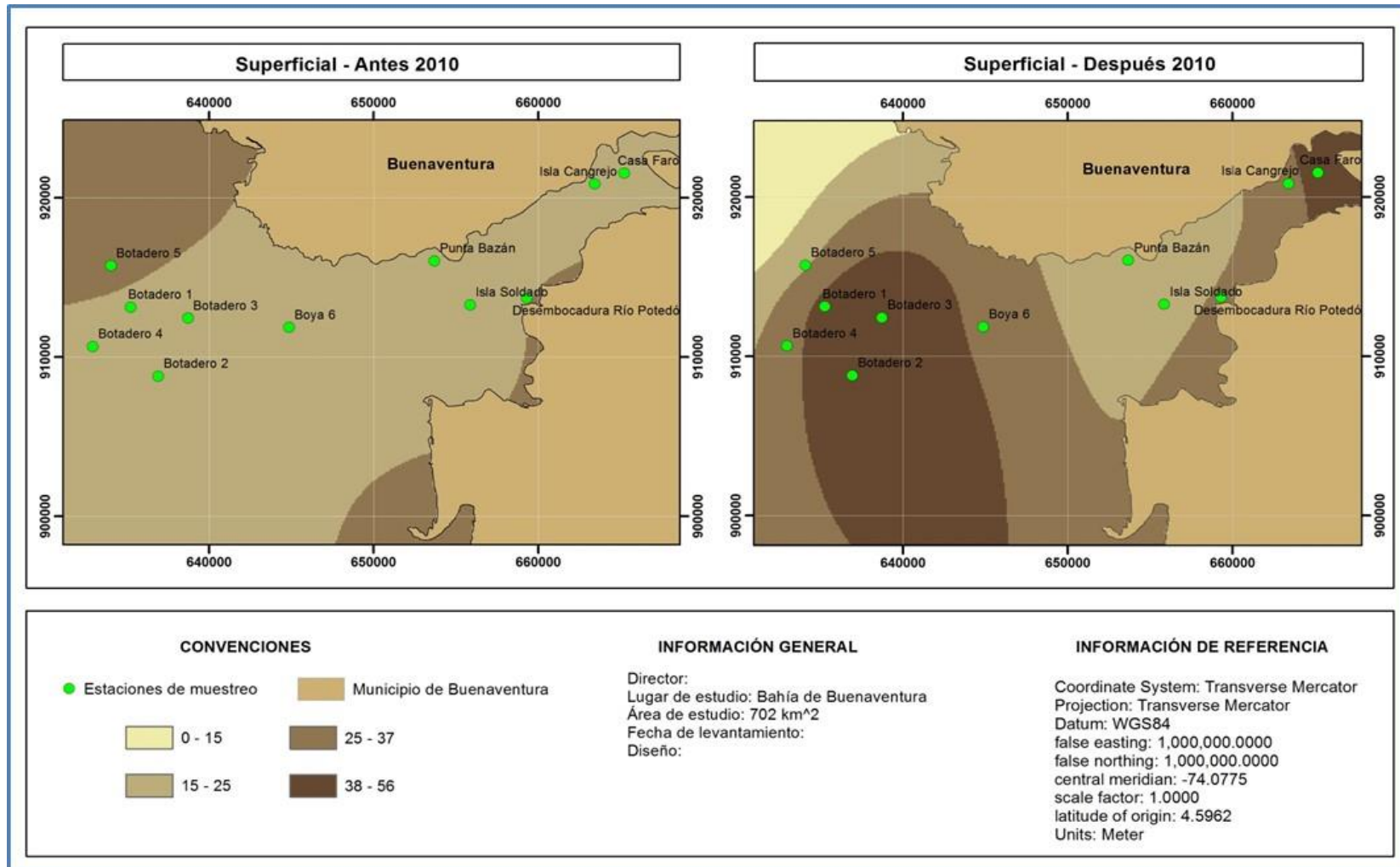
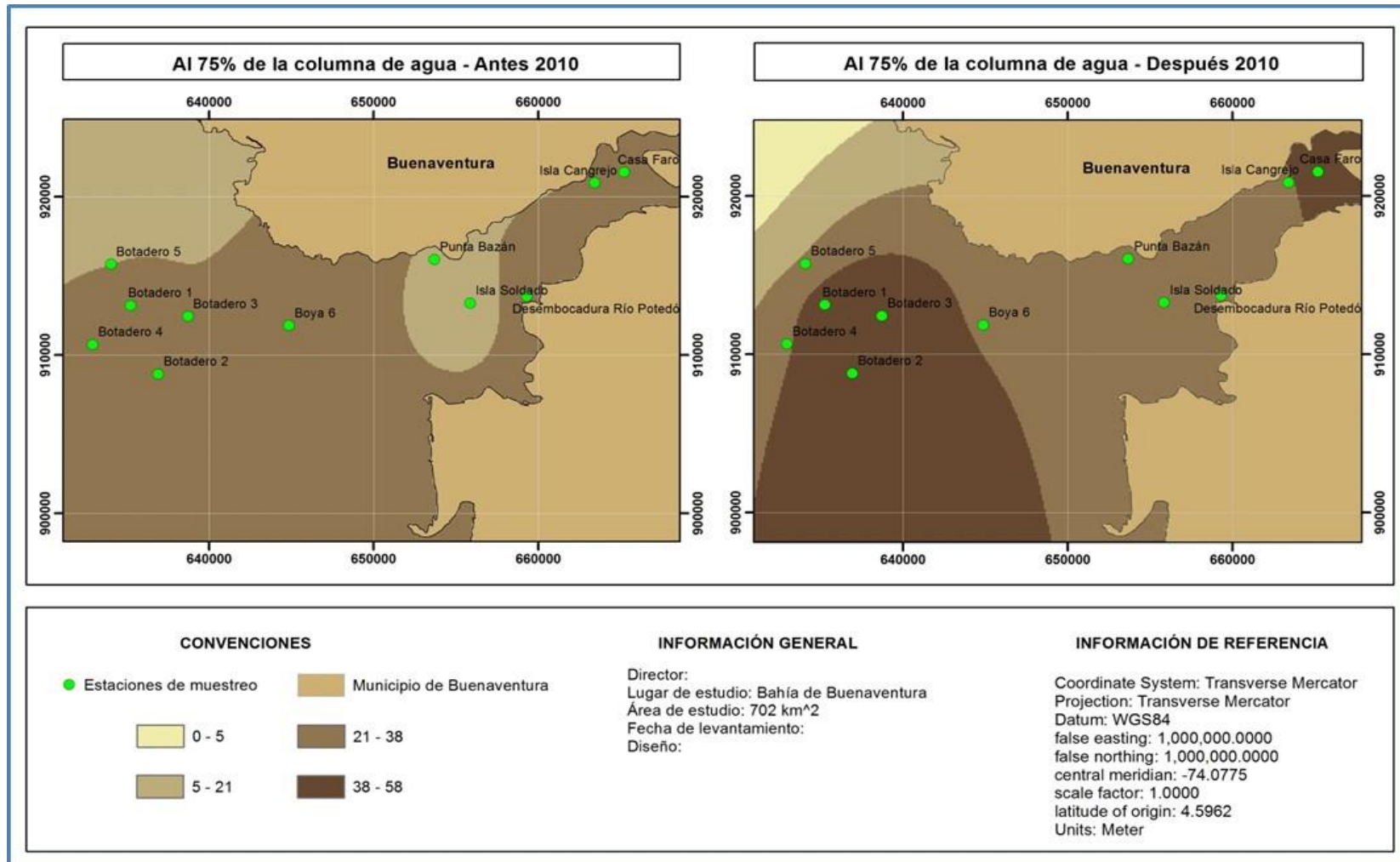


Figura 4-32 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de SST en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-33,

Figura 4-34, Figura 4-35 y la Figura 4-36, ilustran la distribución en 3D de los SST monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-33 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

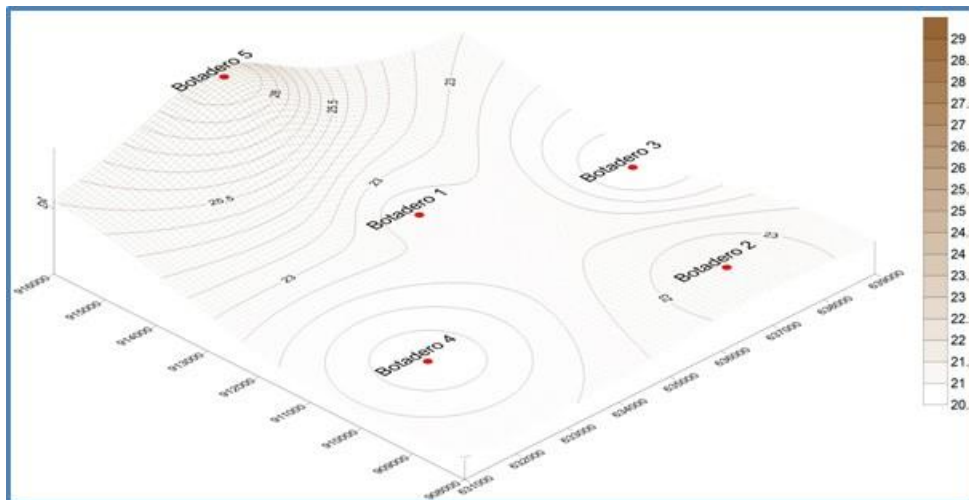


Figura 4-34 Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

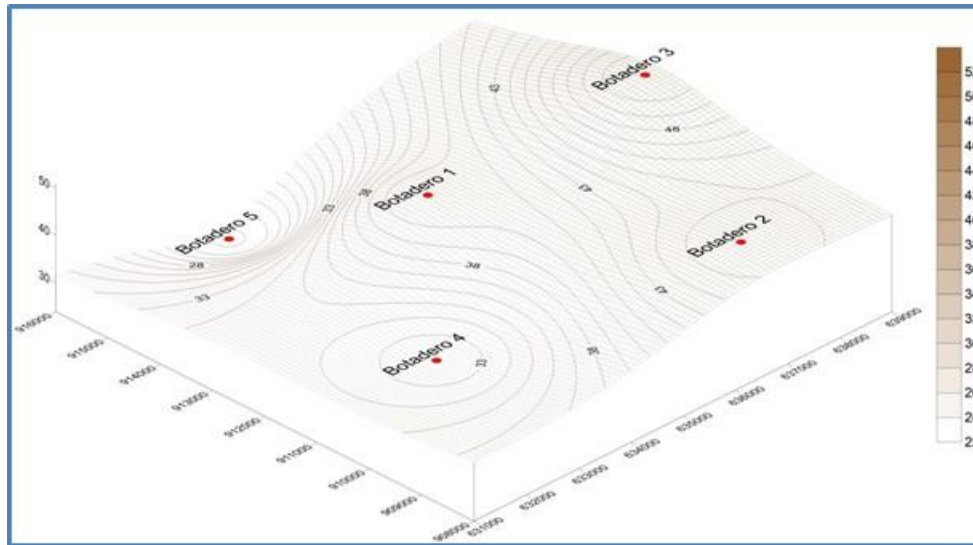


Figura 4-35 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010

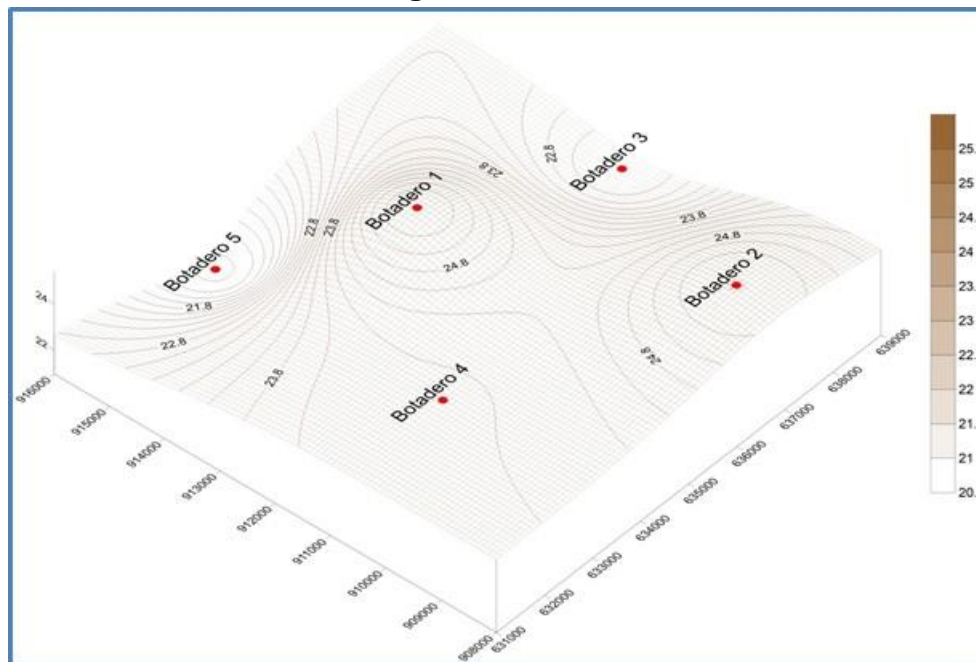
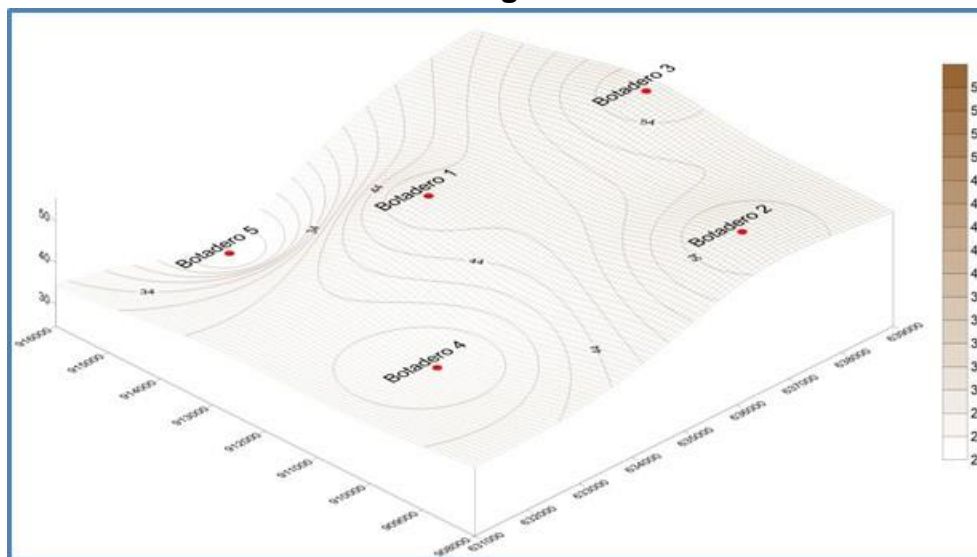


Figura 4-36 Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010



4.4.2 AÑO 2011

Tabla 4.42 Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2011

Dependent Variable: SST					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	23779,861 ^a	5	4755,972	136,082	,000
Intercept	101379,044	1	101379,044	2900,736	,000
Tiempo	23657,914	2	11828,957	338,459	,000
Profundidad	88,670	1	88,670	2,537	,116
Tiempo * Profundidad	33,276	2	16,638	,476	,624
Error	2096,965	60	34,949		
Total	127255,870	66			
Corrected Total	25876,826	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 4.43 Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos
Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2011**

Dependent Variable: SST							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-2,6818	1,78248	,296	-6,9655	1,6019
		Durante	-41,4364	1,78248	,000	-45,7200	-37,1527
	Después	Antes	2,6818	1,78248	,296	-1,6019	6,9655
		Durante	-38,7545	1,78248	,000	-43,0382	-34,4709
	Durante	Antes	41,4364	1,78248	,000	37,1527	45,7200
		Después	38,7545	1,78248	,000	34,4709	43,0382

Tabla 4.44 Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
SST p - value = 0,000	Antes	24,48	A
	Después	27,16	A
	Durante	65,92	B

En la Tabla 4.43 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Antes y Después (A), con respecto al tiempo de muestreo: Durante (B).

Figura 4-37 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011

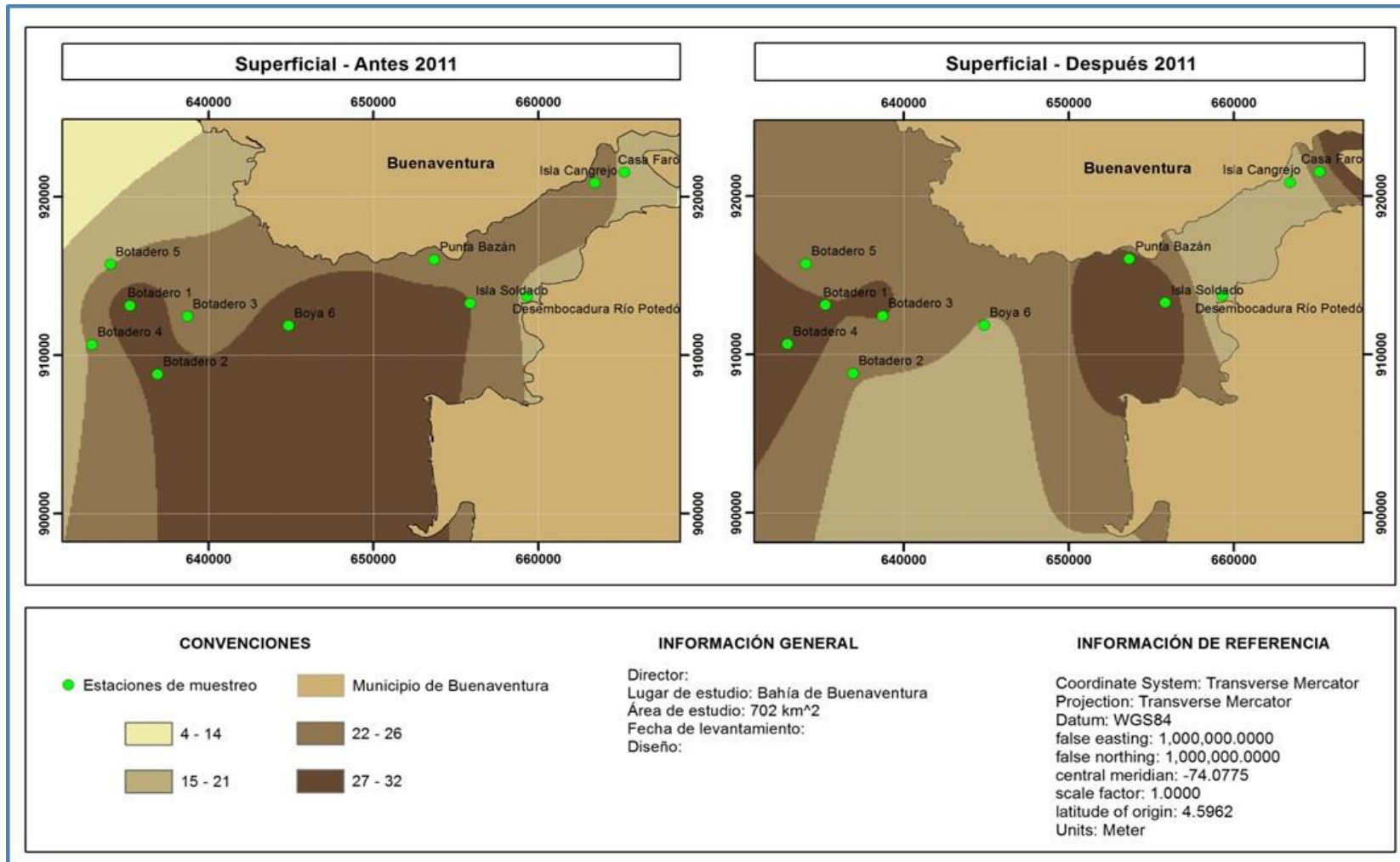
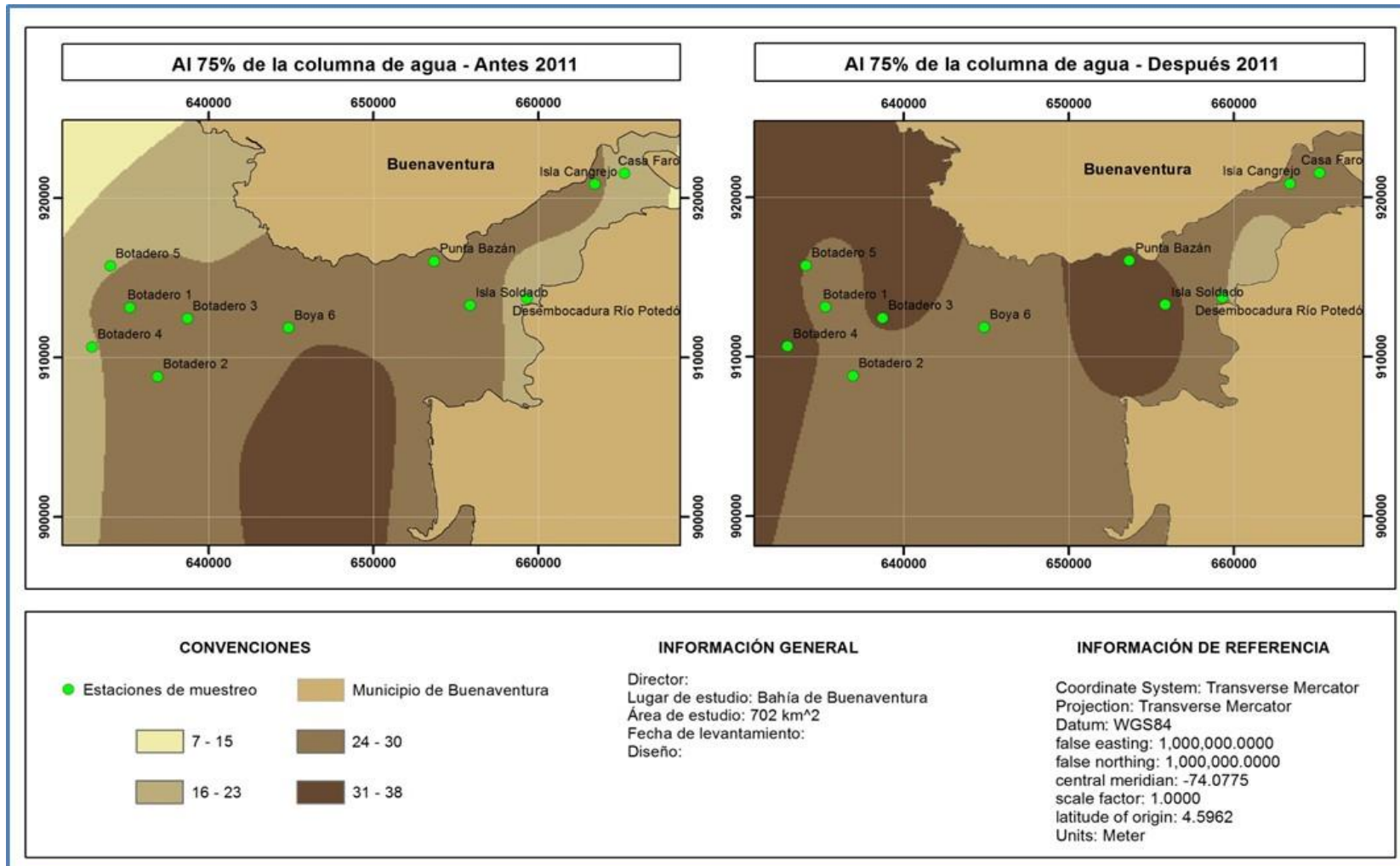


Figura 4-38 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de SST en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-39, Figura 4-40, Figura 4-41y la Figura 4-42, ilustran la distribución en 3D de los SST monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-39 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

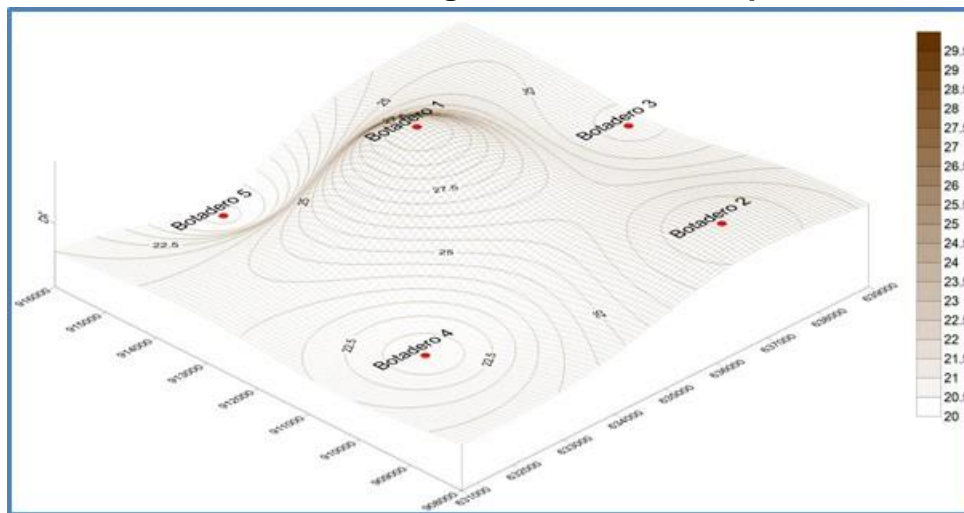


Figura 4-40 Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

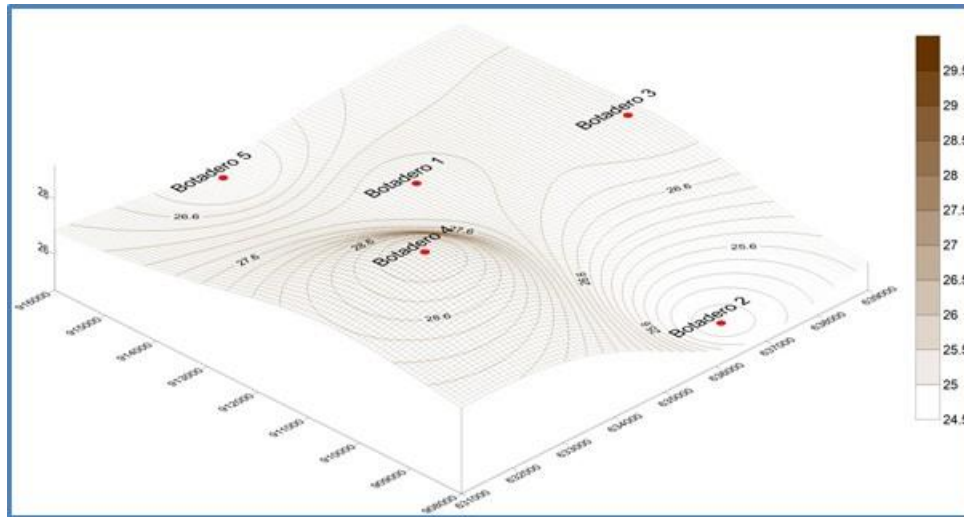


Figura 4-41 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011

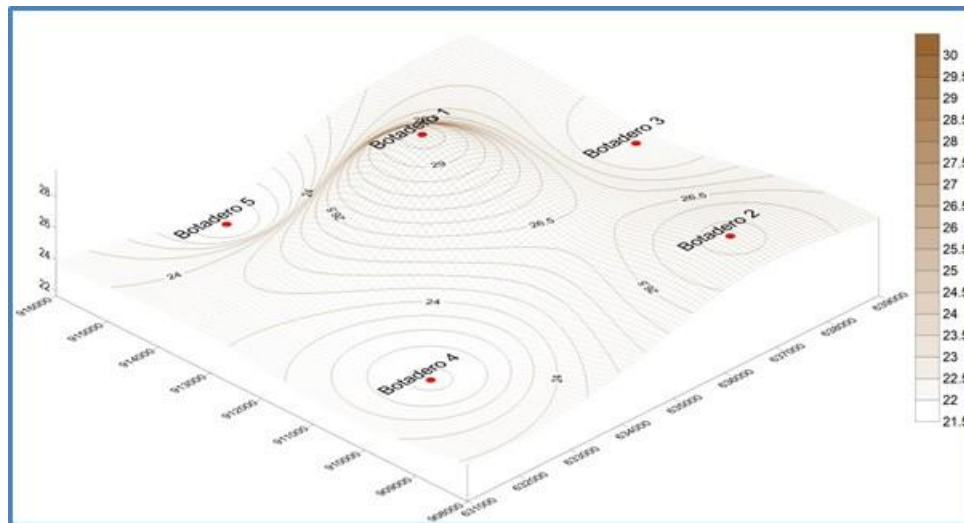
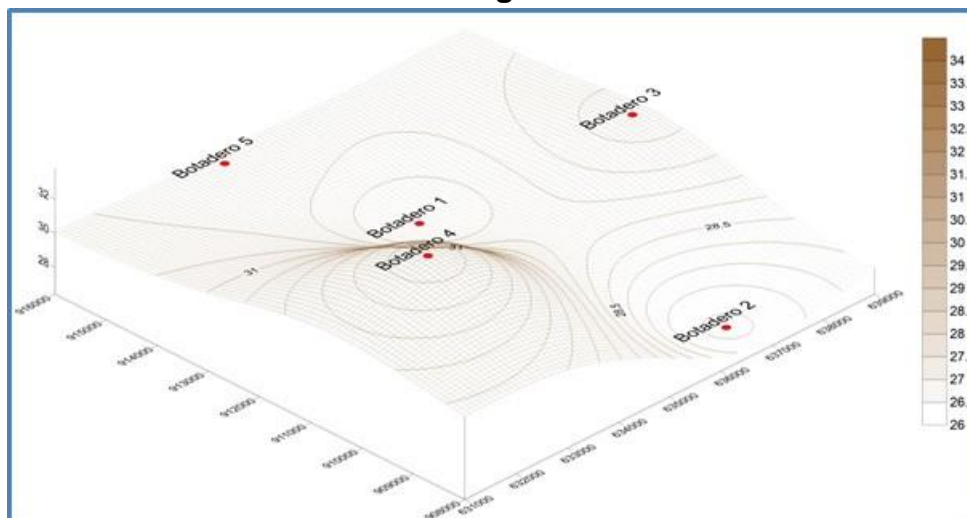


Figura 4-42 Tendencia de los SST después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011



4.4.3 AÑO 2012

Tabla 4.45 Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendedos Totales - Año 2012

Dependent Variable: SST					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	7012,510 ^a	5	1402,502	78,315	,000
Intercept	31636,742	1	31636,742	1766,581	,000
Tiempo	6973,586	2	3486,793	194,701	,000
Profundidad	,785	1	,785	,044	,835
Tiempo * Profundidad	38,139	2	19,070	1,065	,351
Error	1074,507	60	17,908		
Total	39723,760	66			
Corrected Total	8087,018	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.46 Prueba Post-Anova para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2012

Dependent Variable: SST							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	17,54 [*]	1,276	,000	14,47	20,61
		Durante	-6,87 [*]	1,276	,000	-9,94	-3,81
	Después	Antes	-17,54 [*]	1,276	,000	-20,61	-14,47
		Durante	-24,41 [*]	1,276	,000	-27,48	-21,35
	Durante	Antes	6,87 [*]	1,276	,000	3,81	9,94
		Después	24,41 [*]	1,276	,000	21,35	27,48

Tabla 4.47 Análisis de comparación de medias parámetro SST en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
SST p - value = 0,000	Después	7,91	A
	Antes	25,45	B
	Durante	32,32	C

En la Tabla 4.46 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre todos los tiempos de muestreo: Antes (A), Durante (B) y Después (C).

Figura 4-43 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012

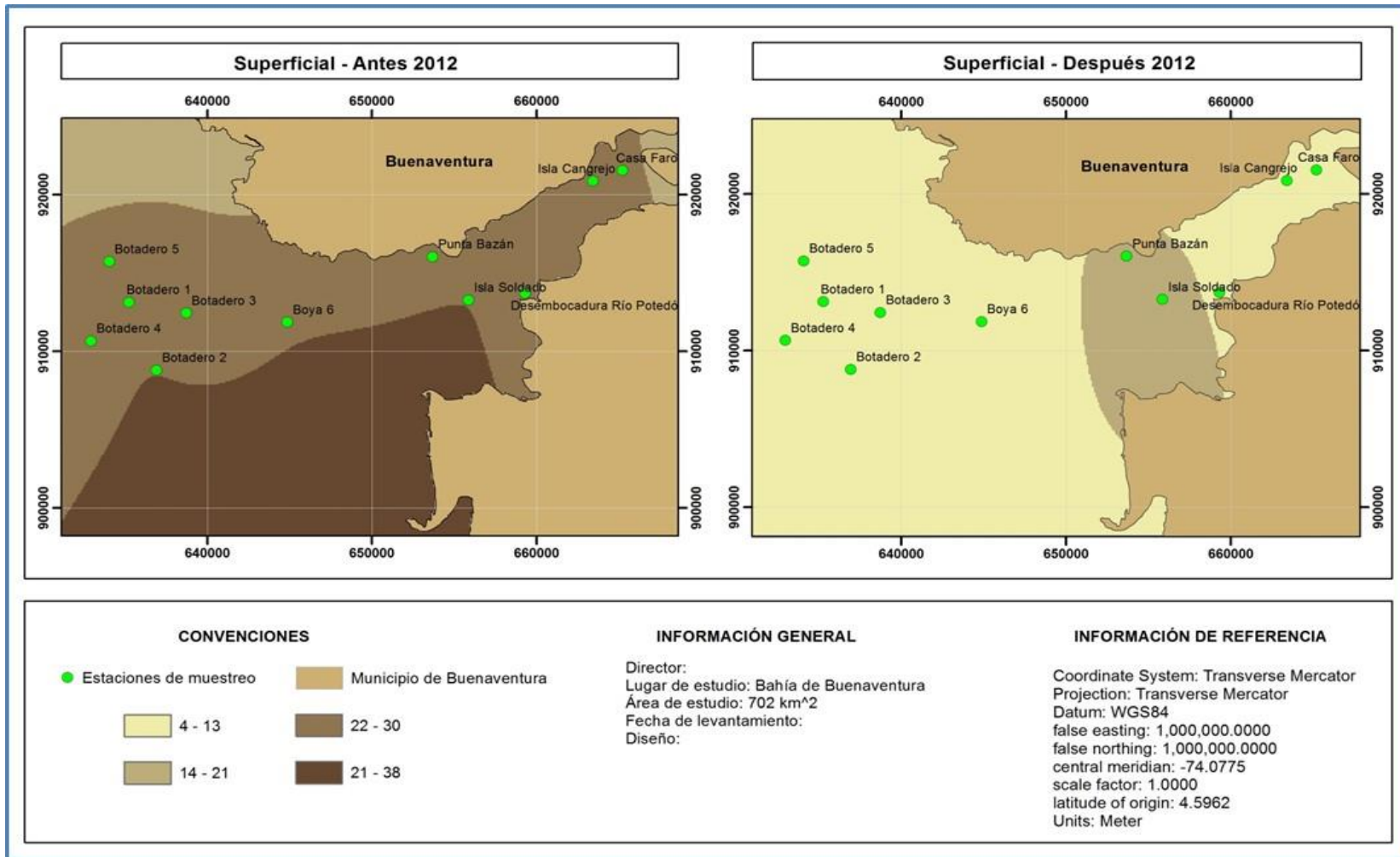
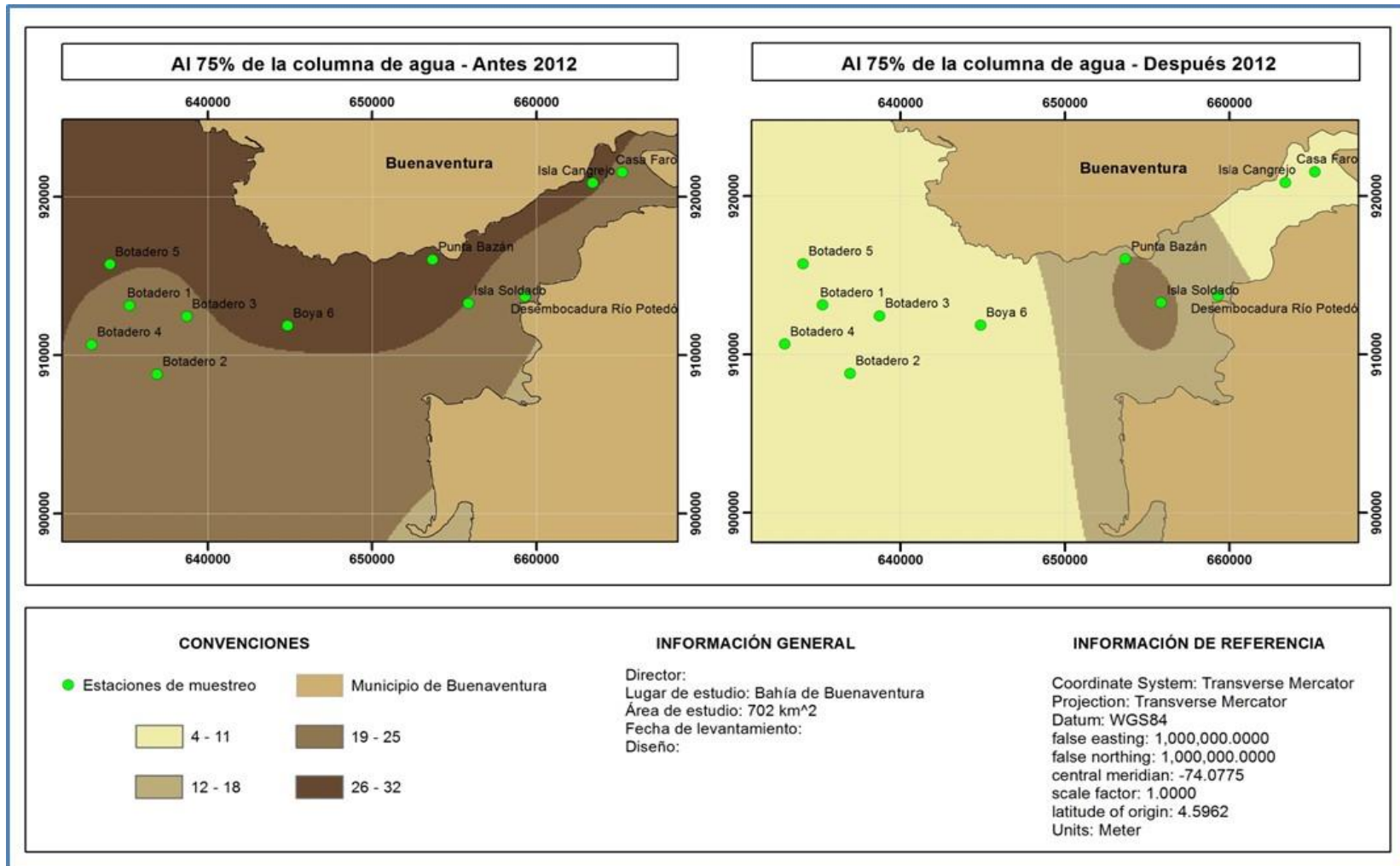


Figura 4-44 Distribución espacial de los Sólidos Suspendedos Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de SST en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

De acuerdo a los datos tomados en campo, no se registraron valores de SST después del dragado (Superficial y al 75% de la columna de agua), razón por la cual no fue posible realizar la modelación (Ver anexo).

La Figura 4-45 y la Figura 4-46, ilustran la distribución en 3D de los SST monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-45 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

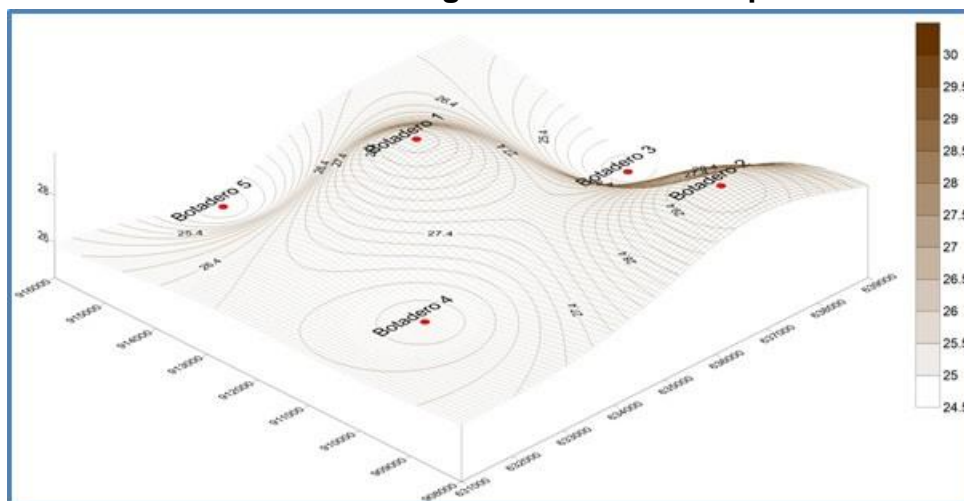
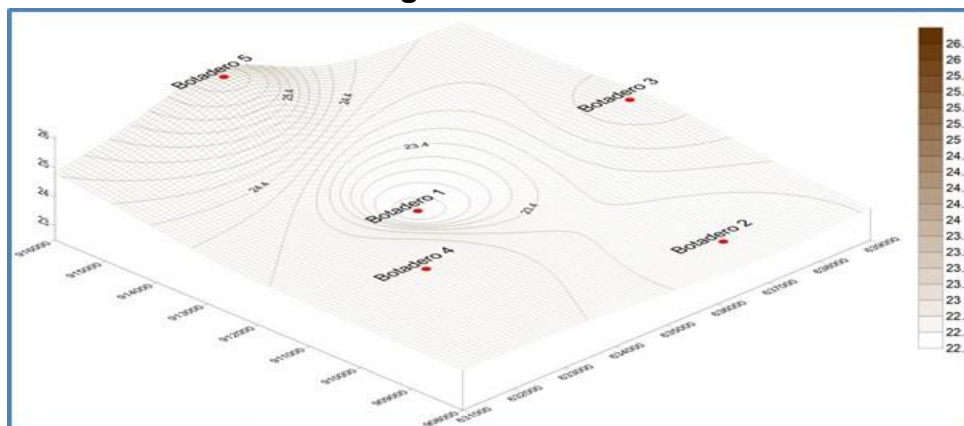


Figura 4-46 Tendencia de los SST antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011



4.4.4 AÑO 2014

Tabla 4.48 Prueba ANOVA para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales - Año 2014

Dependent Variable: SST					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	123,916 ^a	5	24,783	,917	,476
Intercept	4724,402	1	4724,402	174,786	,000
Tiempo	107,405	2	53,702	1,987	,146
Profundidad	15,322	1	15,322	,567	,454
Tiempo * Profundidad	1,189	2	,595	,022	,978
Error	1621,782	60	27,030		
Total	6470,100	66			
Corrected Total	1745,698	65			

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA, se observa que no existen diferencias significativas entre los factores: Tiempo de muestreo y profundidad de muestreo (Sig. > 0,05). De acuerdo a lo anterior, no fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), por lo cual se concluye que la actividad de dragado no generó ningún efecto significativo sobre el SST de la Bahía de Buenaventura para el año 2014.

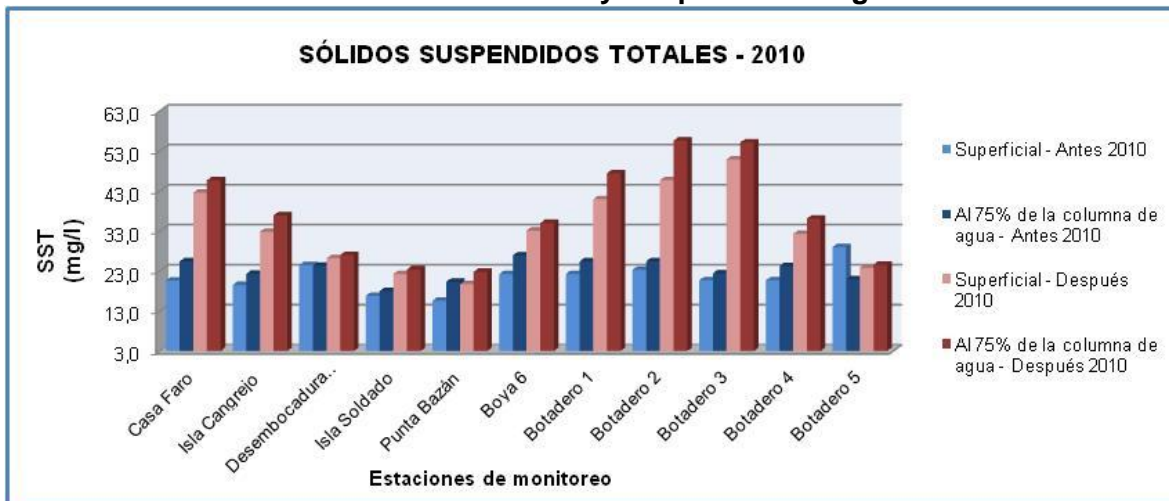
4.4.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

A continuación se presenta la comparación multianual del parámetro oxígeno disuelto en los monitoreos localizados a nivel superficial y con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observan para el año 2010 un aumento a nivel superficial de 12,3, y 14 en las muestras tomadas con profundidad de 75% de la columna de agua después de la actividad de dragado. Para el año 2011 se presenta un aumento en los SST en menor magnitud en comparación con el año 2010 un 1,4 a nivel superficial y 4 al 75% de la columna de agua posterior a la actividad de dragado, En el año 2012 se presenta una disminución representativa en las muestras tomadas a nivel superficial un 18,9 por debajo de los valores presentados en las muestras tomadas antes de la actividad de dragado y un 16,2 en las muestras tomadas al 75% de la columna de agua y finalmente para el año 2014 se presentan un aumento entre los valores presentados antes de las actividades de dragado. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

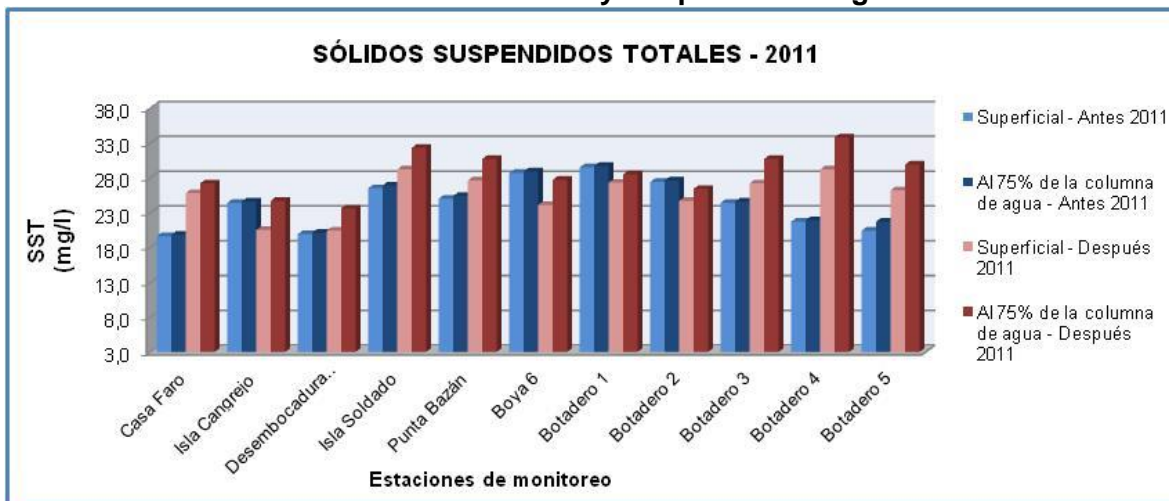
Tabla 4.49 Comparación Multianual SST antes y después

Sólidos Suspendidos totales				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	21,4	24,3	26,4	6,4
al 75%	23,2	24,7	24,5	7,0
Promedio	22,3	24,5	25,4	6,7
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	33,7	25,7	7,5	9,2
al 75%	37,2	28,7	8,3	10,2
Promedio	35,4	27,2	7,9	9,7

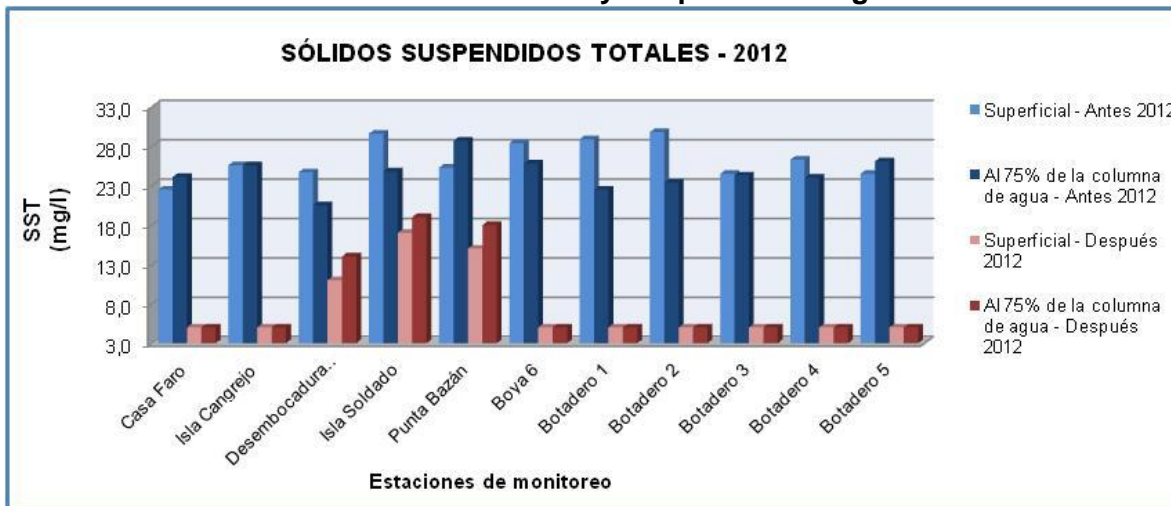
Gráfica 4-50 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2010



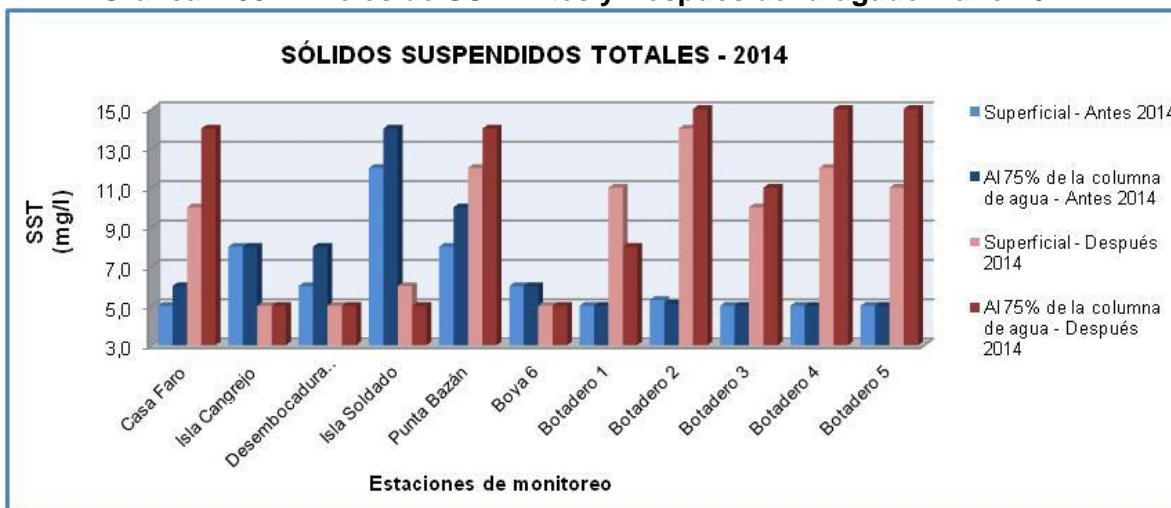
Gráfica 4-51 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-52 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-53 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2014



4.5 COLIFORMES TOTALES

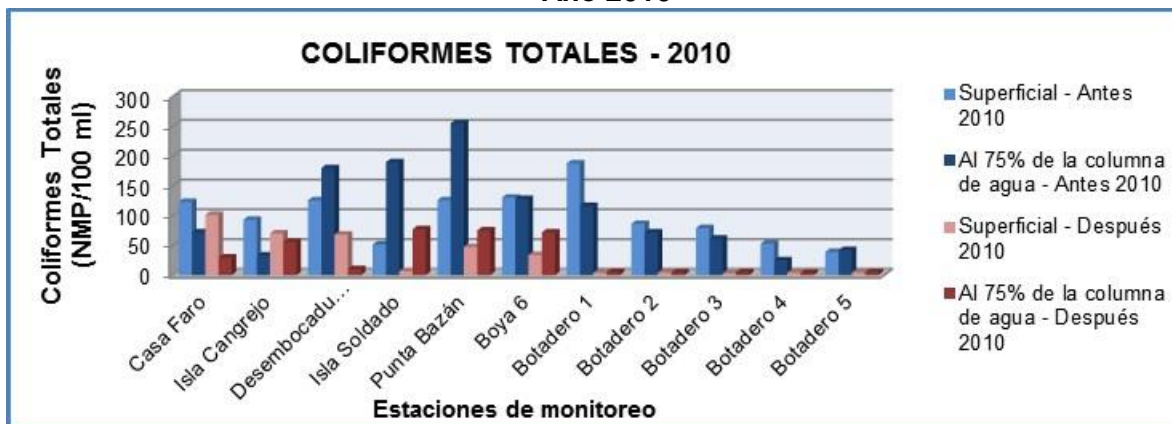
No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que es necesario el aplicar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen por lo tanto, los coliformes totales que comprenden la totalidad del grupo y los coliformes fecales que son aquellos de origen intestinal.

La norma nacional establecida en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud, fija un máximo permisible según su destinación. Las aguas de la bahía de Buenaventura pertenecen al grupo de aguas para fines recreativos mediante contacto primario.

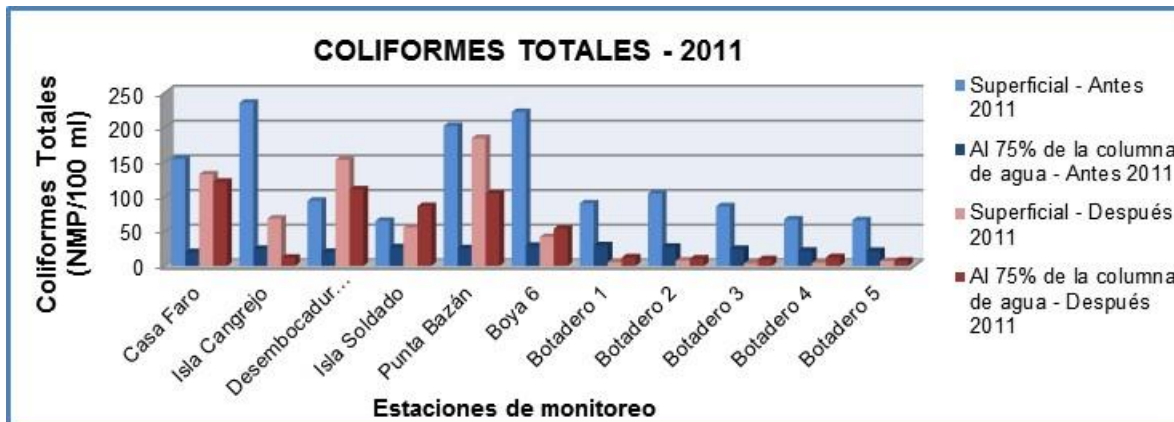
El Artículo 42 del mencionado Decreto, establece como límite permisible concentraciones inferiores a 1000 microorganismos/100 ml, con lo cual se concluye que los valores hallados son bajos, indicando poco grado de contaminación bacteriológica en la zona de estudio.

El análisis multianual de las concentraciones de coliformes totales antes y después del dragado, se presenta a continuación:

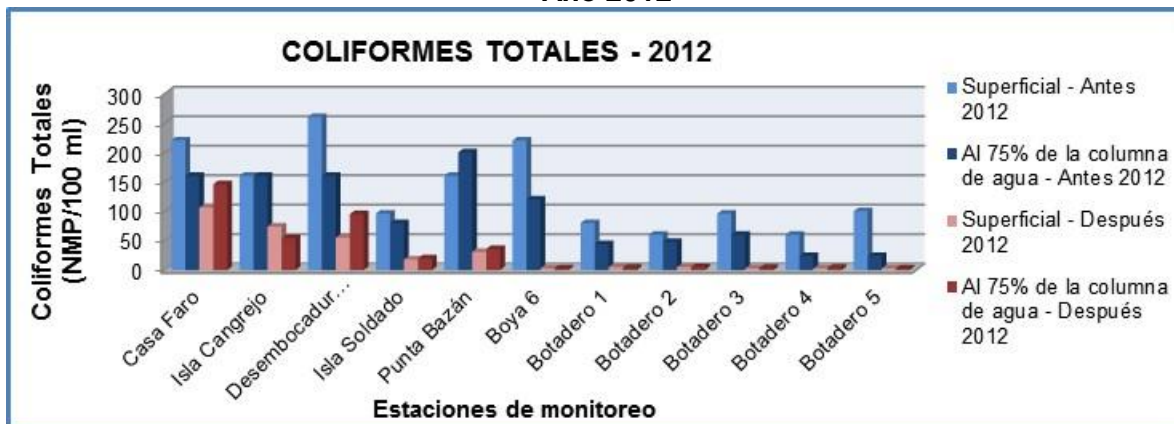
Gráfica 4-54 Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2010



Gráfica 4-55 Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2011



Gráfica 4-56 Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2012



Al realizar el análisis ANOVA para el parámetro oxígeno disuelto en cada año muestreado, se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfica 4-57 Concentraciones de Coliformes Totales Antes y Después del dragado - Año 2014



4.5.1 AÑO 2010

Tabla 4.50 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2010

Dependent Variable: Coliformes Totales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	69523,030 ^a	5	13904,606	6,292	,000
Intercept	216720,061	1	216720,061	98,061	,000
Tiempo	69200,576	2	34600,288	15,656	,000
Profundidad	157,636	1	157,636	,071	,790
Tiempo * Profundidad	164,818	2	82,409	,037	,963
Error	132602,909	60	2210,048		
Total	418846,000	66			
Corrected Total	202125,939	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.51 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2010

Dependent Variable: Coliformes Totales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	71,59	14,174	,000	37,53	105,66
		Durante	65,36	14,174	,000	31,30	99,43
	Después	Antes	-71,59	14,174	,000	-105,66	-37,53
		Durante	-6,23	14,174	,899	-40,29	27,84
	Durante	Antes	-65,36	14,174	,000	-99,43	-31,30
		Después	6,23	14,174	,899	-27,84	40,29

Tabla 4.52 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Totales p - value = 0,000	Después	31,36	A
	Durante	37,59	A
	Antes	102,95	B

En la Tabla 4.51 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Después y Durante (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-47 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010

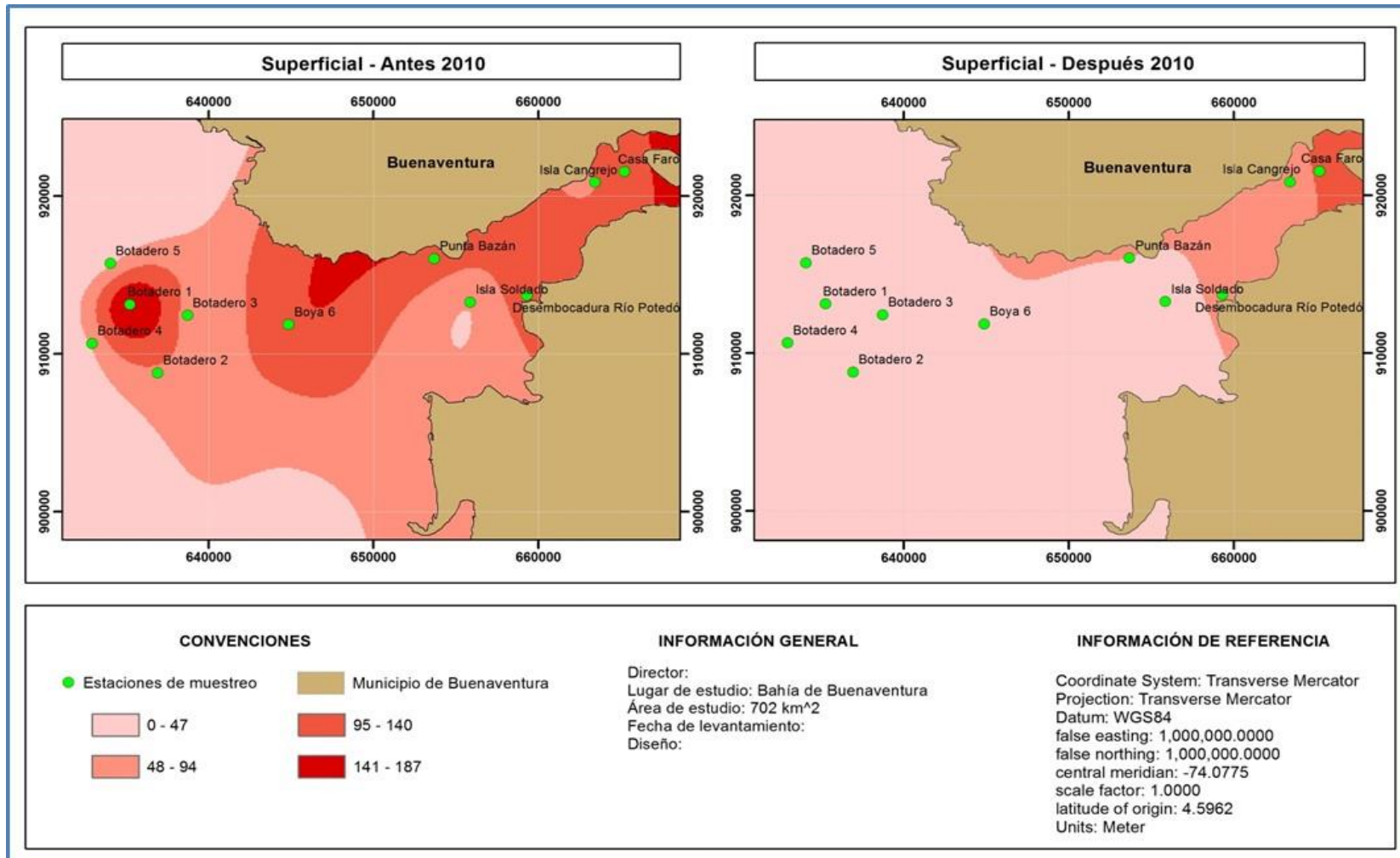
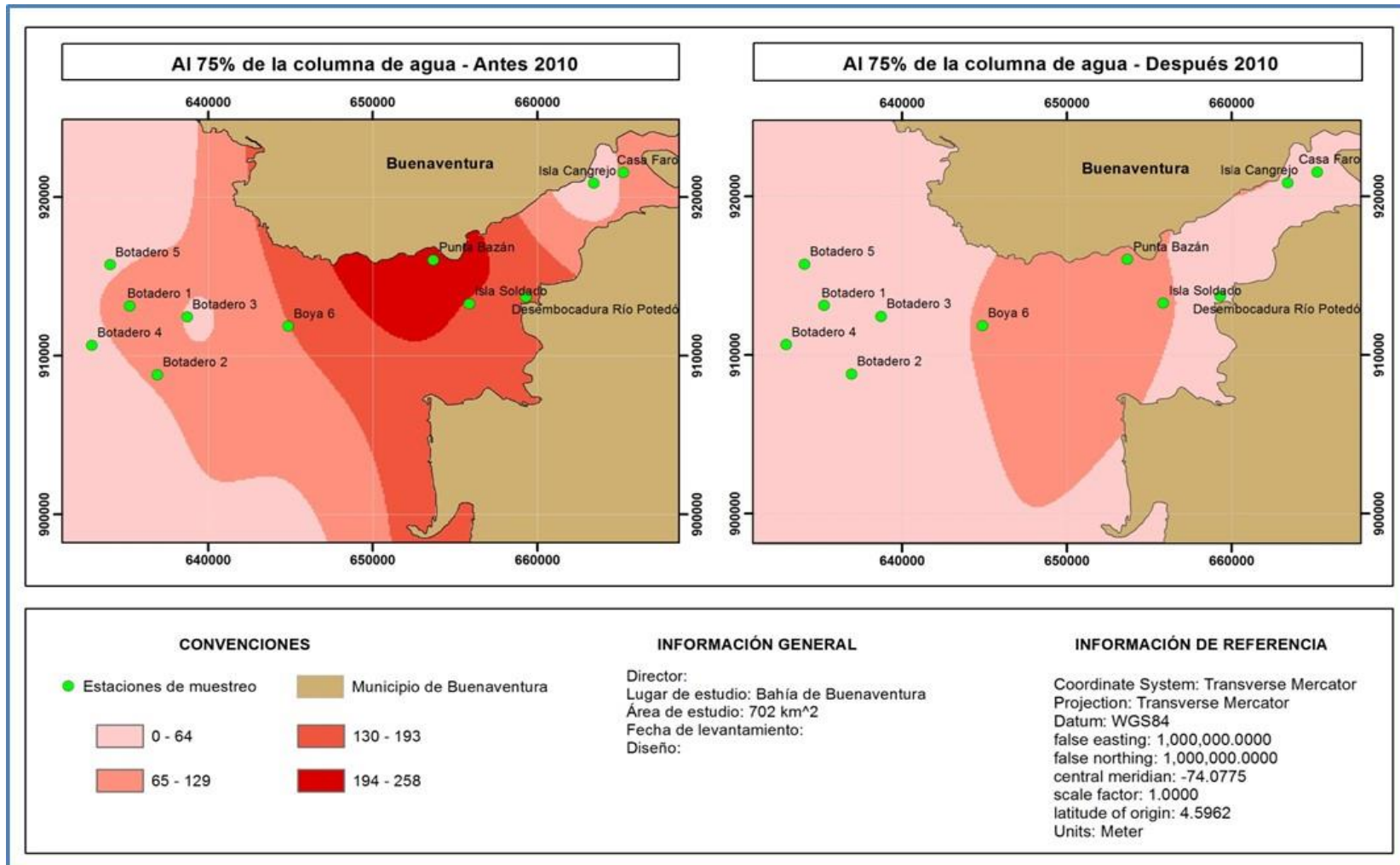


Figura 4-48 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Totales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-49, Figura 4-50, Figura 4-51 y Figura 4-52, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Totales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-49 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

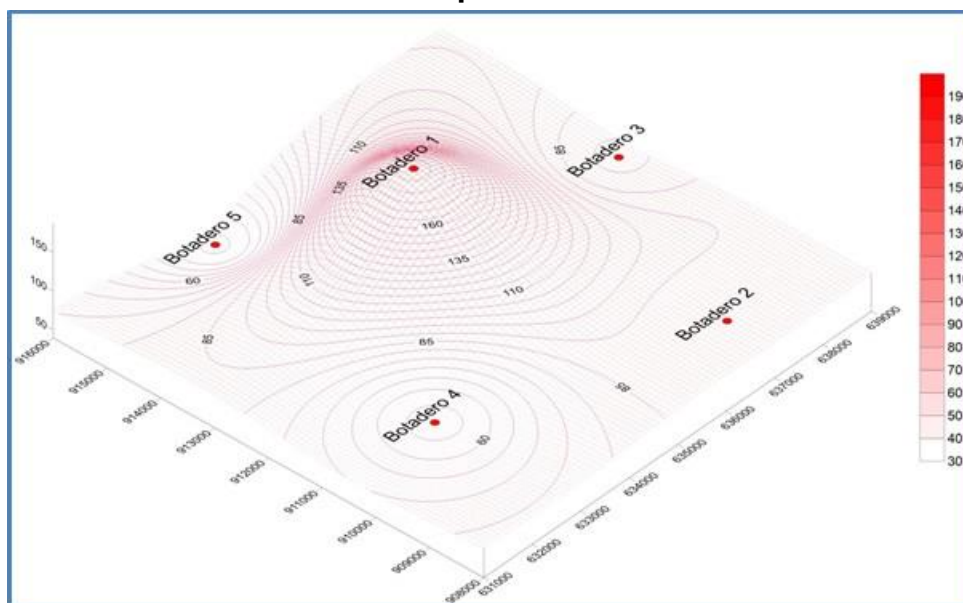


Figura 4-50 Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

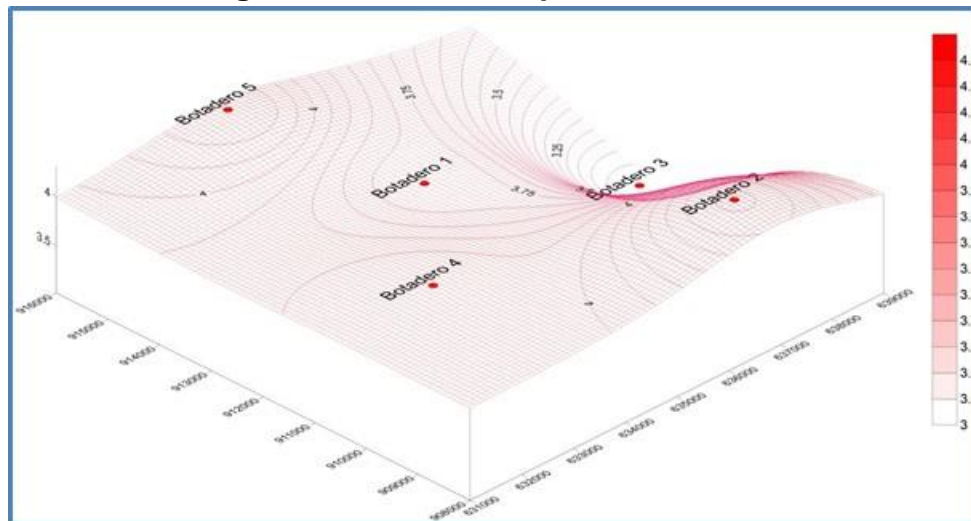


Figura 4-51 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010

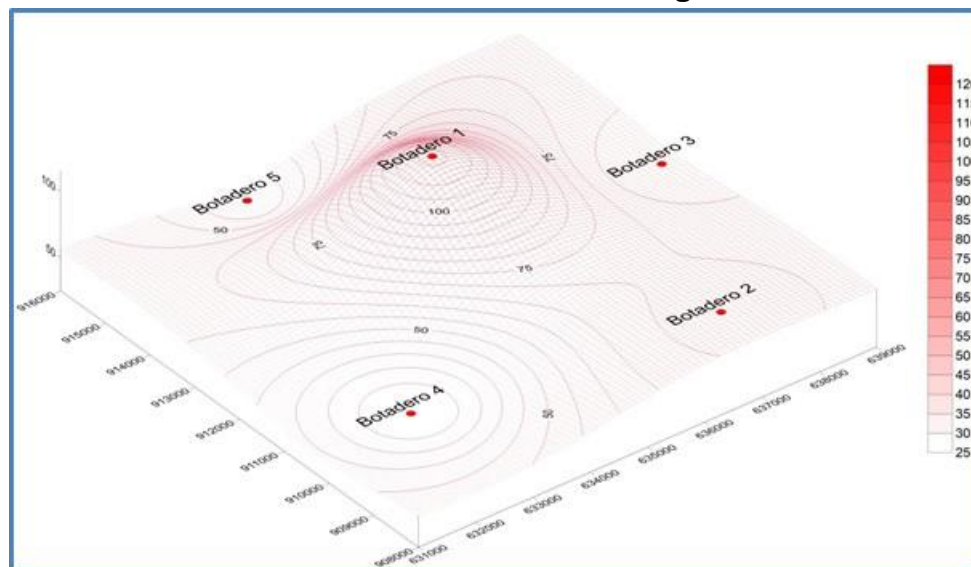
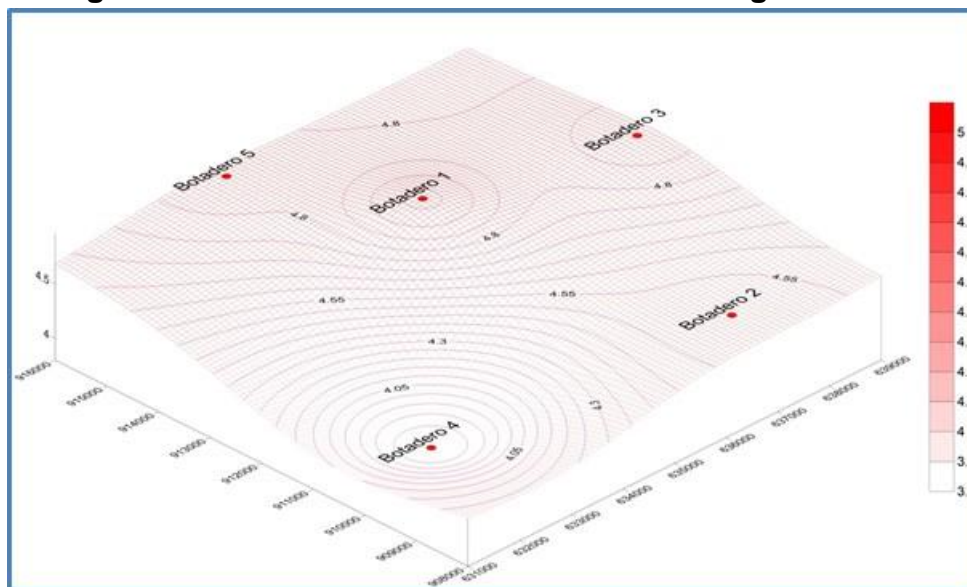


Figura 4-52 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010



4.5.2 AÑO 2011

Tabla 4.53 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2011

Dependent Variable: Coliformes Totales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	48407,530 ^a	5	9681,506	3,649	,006
Intercept	387780,015	1	387780,015	146,149	,000
Tiempo	30958,212	2	15479,106	5,834	,005
Profundidad	14581,227	1	14581,227	5,495	,022
Tiempo * Profundidad	2868,091	2	1434,045	,540	,585
Error	159199,455	60	2653,324		
Total	595387,000	66			
Corrected Total	207606,985	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo y la Profundidad de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.54 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2011

Dependent Variable: Coliformes Totales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	51,41	15,531	,004	14,08	88,73
		Durante	37,05	15,531	,052	-,28	74,37
	Después	Antes	-51,41	15,531	,004	-88,73	-14,08
		Durante	-14,36	15,531	,627	-51,69	22,96
	Durante	Antes	-37,05	15,531	,052	-74,37	,28
		Después	14,36	15,531	,627	-22,96	51,69

Tabla 4.55 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Totales p - value = 0,005	Después	54,73	A
	Durante	69,09	A
	Antes	106,14	B

En la Tabla 4.54 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Después y Durante (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-53 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011

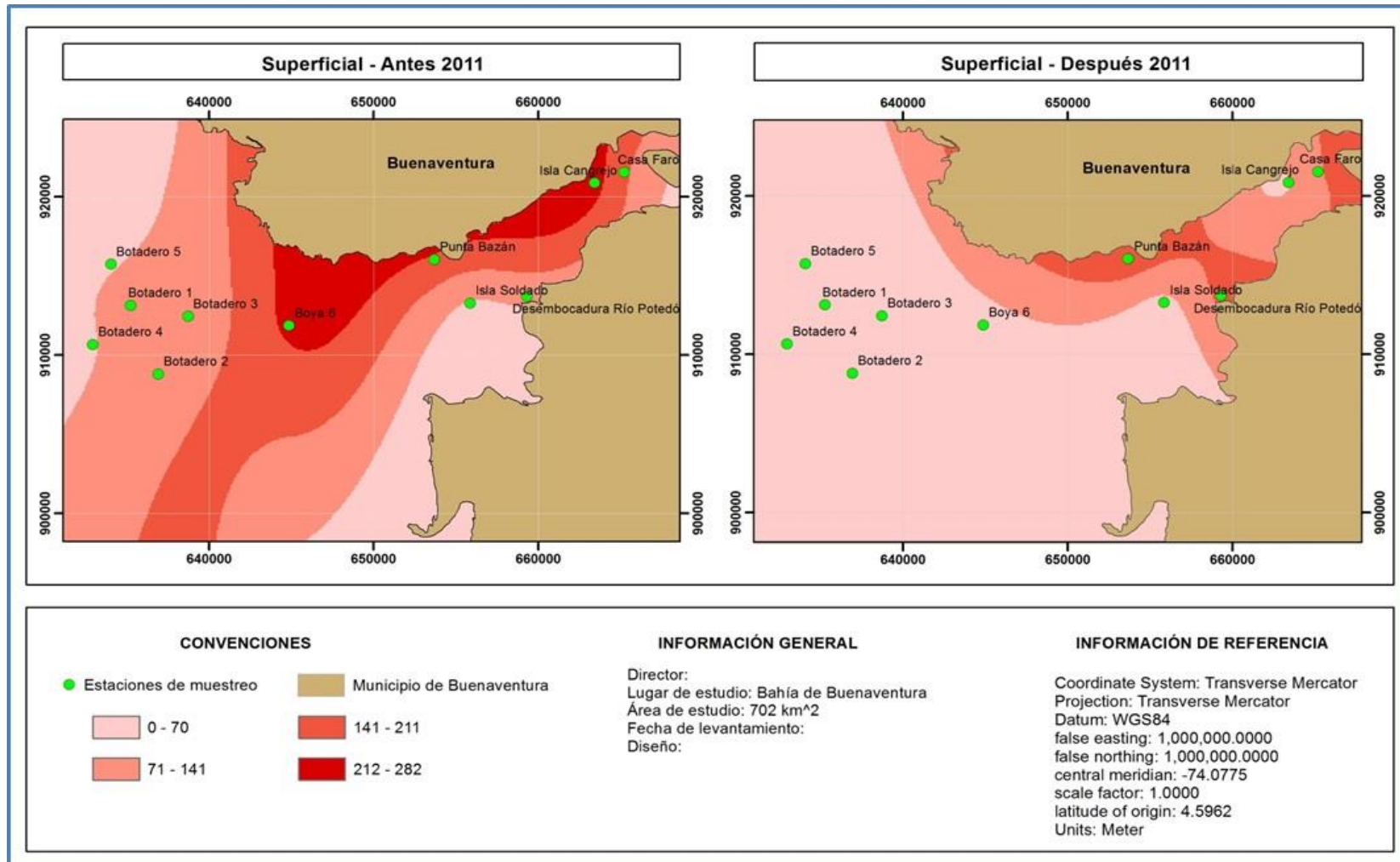
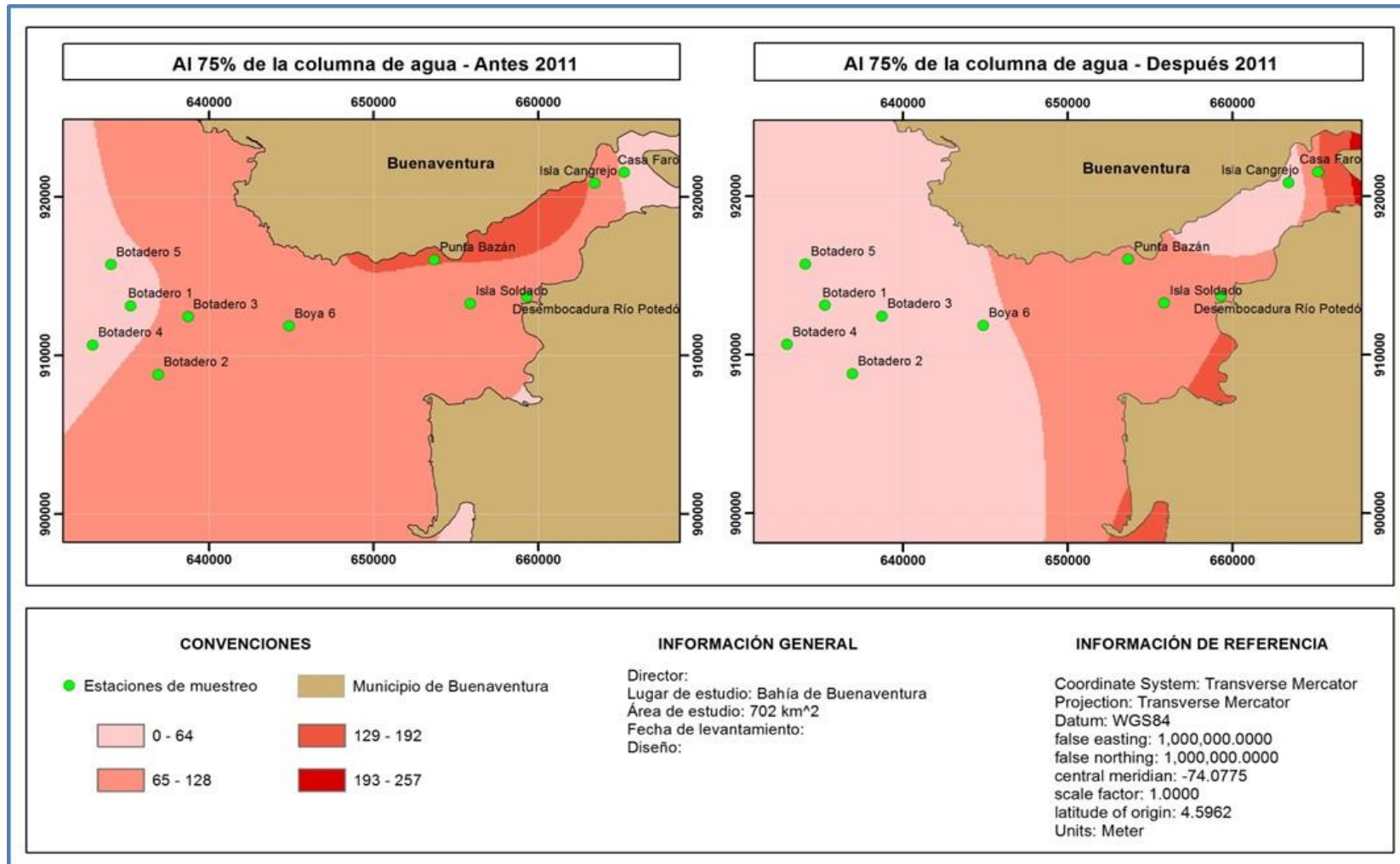


Figura 4-54 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Totales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-55, Figura 4-56, Figura 4-57 y la Figura 4-58, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Totales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-55 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

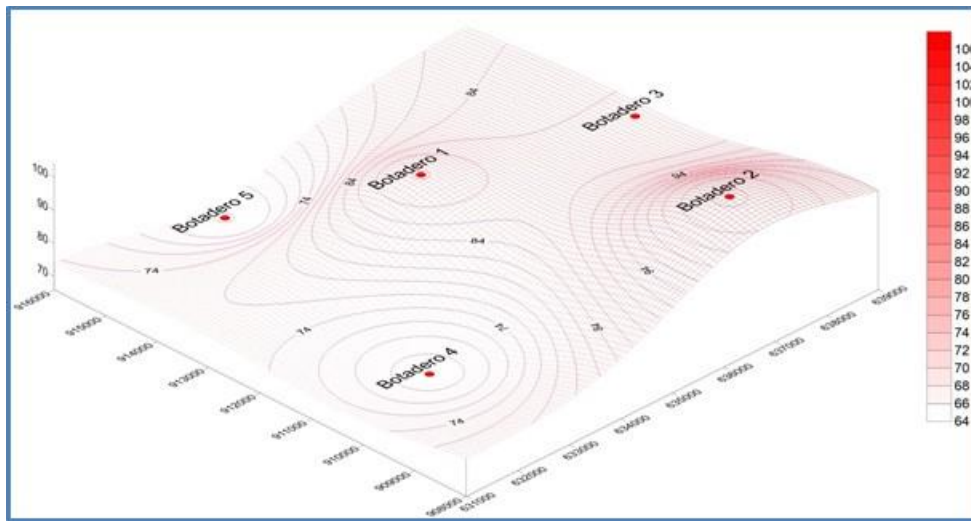


Figura 4-56 Tendencia de las Concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

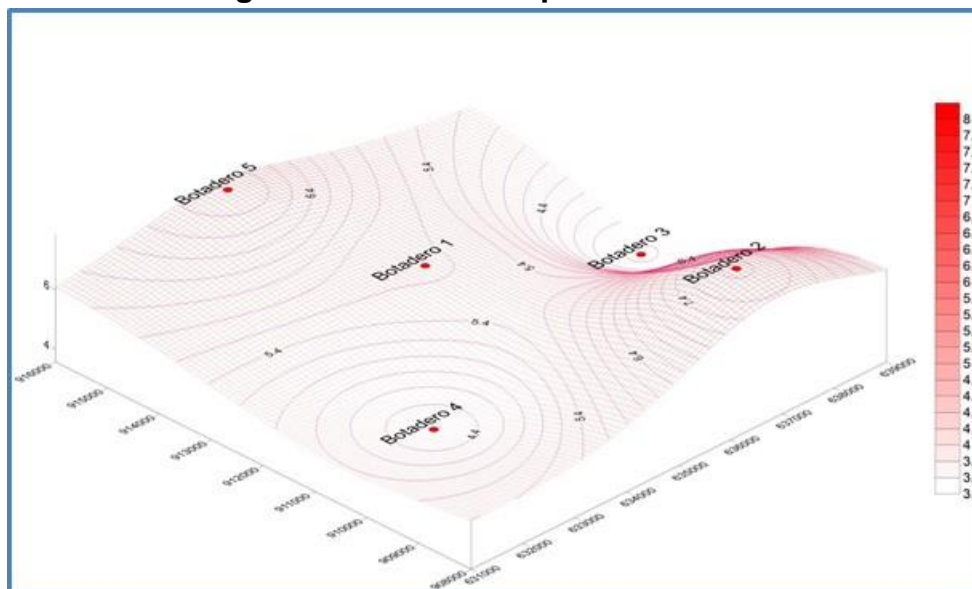


Figura 4-57 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011

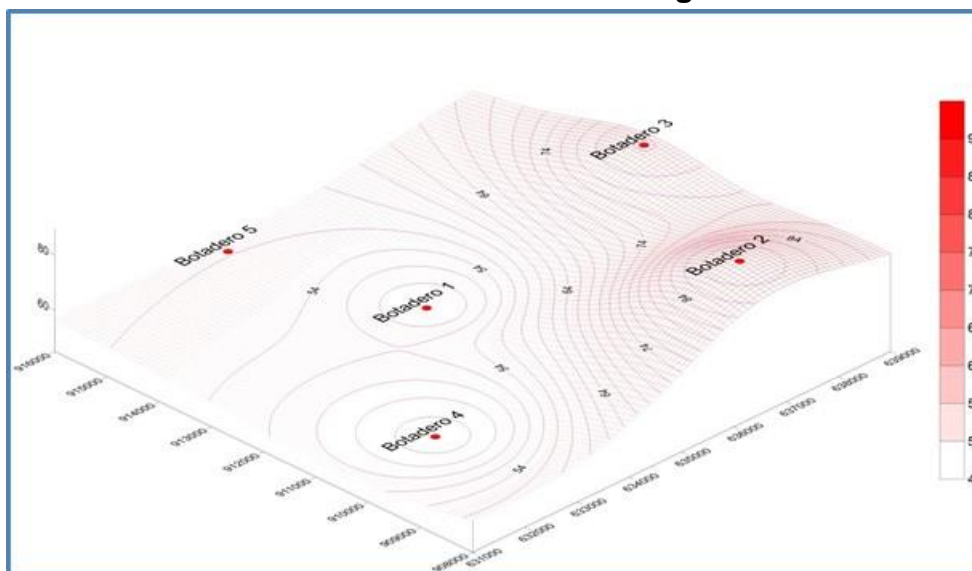
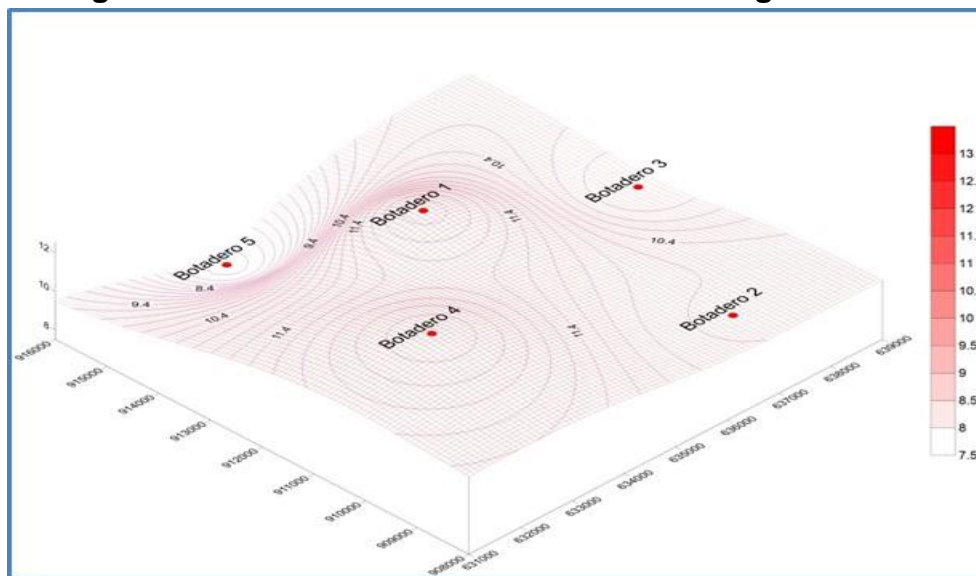


Figura 4-58 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011



4.5.3 AÑO 2012

Tabla 4.56 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2012

Dependent Variable: Coliformes Totales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	124970,258 ^a	5	24994,052	9,352	,000
Intercept	226102,561	1	226102,561	84,598	,000
Tiempo	116176,758	2	58088,379	21,734	,000
Profundidad	1522,561	1	1522,561	,570	,453
Tiempo * Profundidad	7270,939	2	3635,470	1,360	,264
Error	160360,182	60	2672,670		
Total	511433,000	66			
Corrected Total	285330,439	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.57 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2012

Dependent Variable: Coliformes Totales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	86,91	15,587	,000	49,45	124,37
		Durante	90,95	15,587	,000	53,49	128,41
	Después	Antes	-86,91	15,587	,000	-124,37	-49,45
		Durante	4,05	15,587	,964	-33,41	41,51
	Durante	Antes	-90,95	15,587	,000	-128,41	-53,49
		Después	-4,05	15,587	,964	-41,51	33,41

Tabla 4.58 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Totales p - value = 0,005	Durante	26,86	A
	Después	30,91	A
	Antes	117,82	B

En la Tabla 4.57 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Después y Durante (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-59 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012

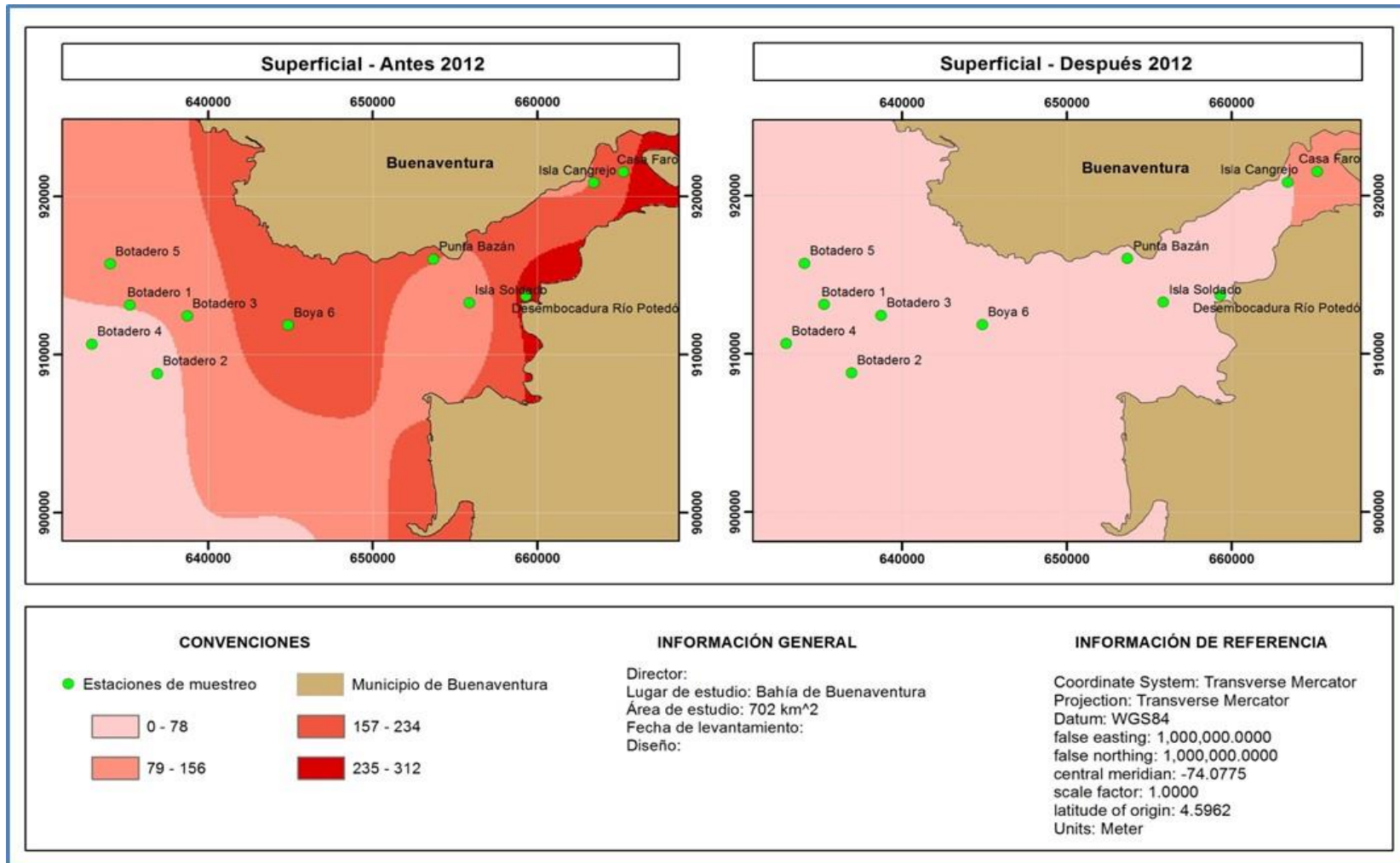
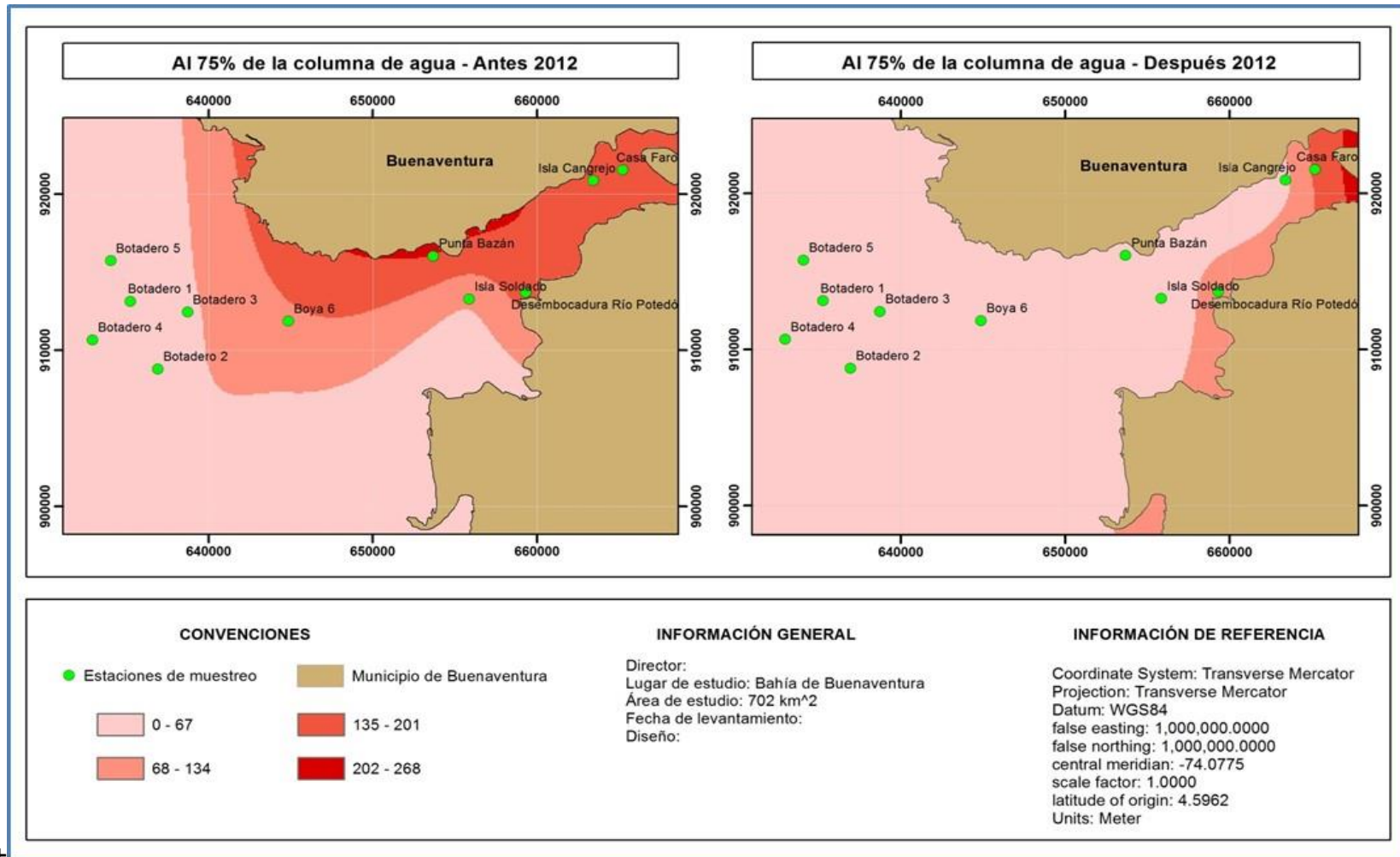


Figura 4-60 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Totales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-61, Figura 4-62, Figura 4-63 y la Figura 4-64, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Totales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-61 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

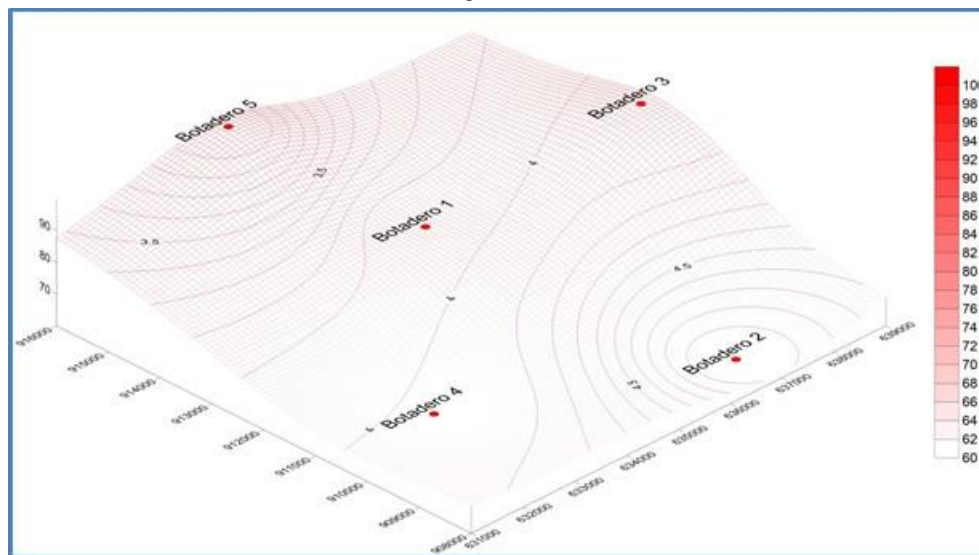


Figura 4-62 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

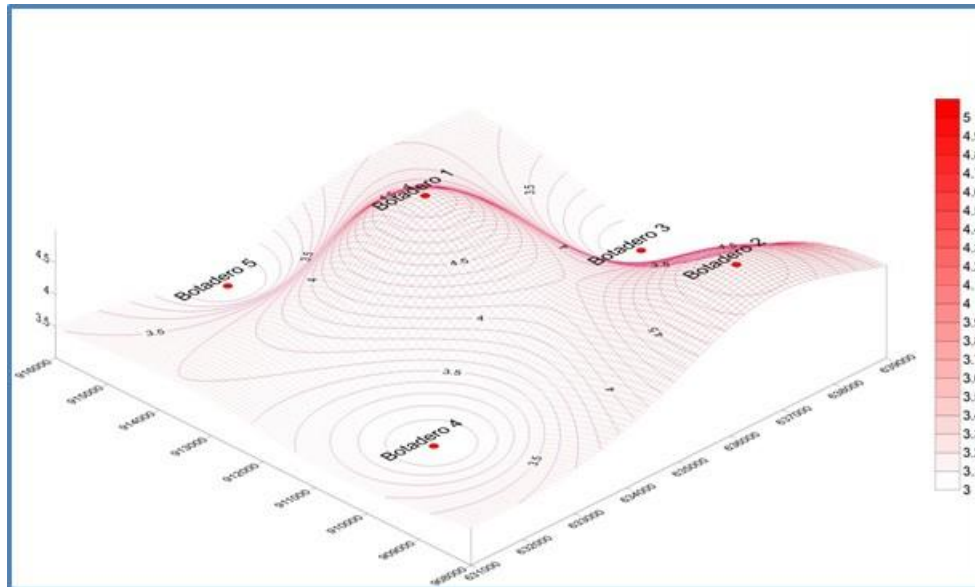


Figura 4-63 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012

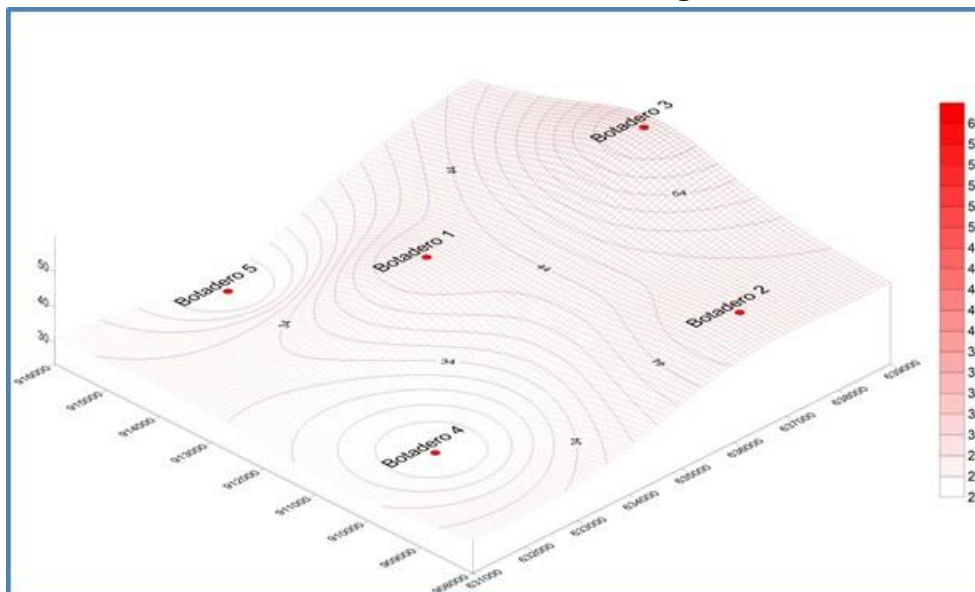
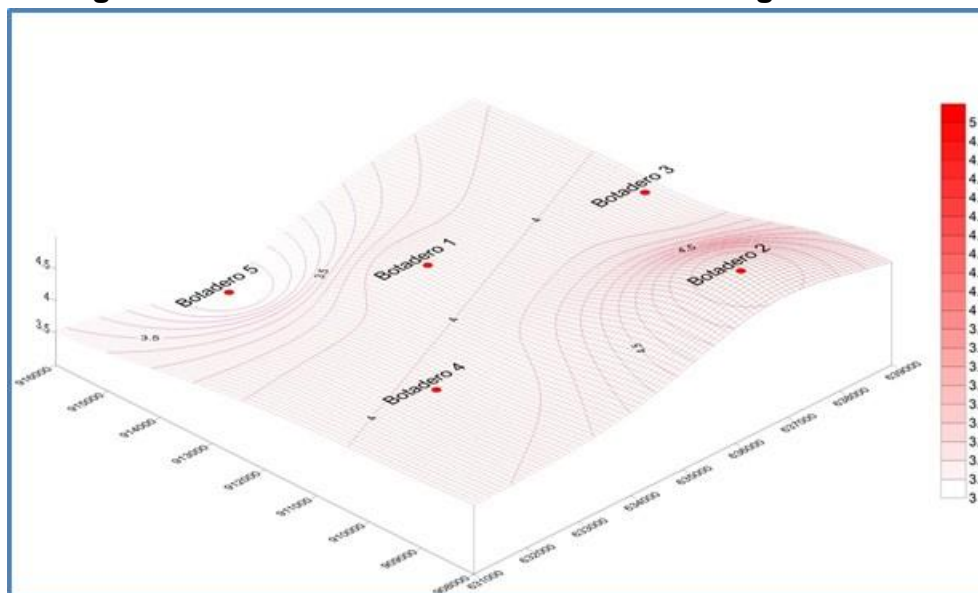


Figura 4-64 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012



4.5.4 AÑO 2014

Tabla 4.59 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Totales - Año 2014

Dependent Variable: Coliformes Totales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	52914,076 ^a	5	10582,815	4,318	,002
Intercept	266382,561	1	266382,561	108,701	,000
Tiempo	32302,758	2	16151,379	6,591	,003
Profundidad	9867,409	1	9867,409	4,027	,005
Tiempo * Profundidad	10743,909	2	5371,955	2,192	,121
Error	147036,364	60	2450,606		
Total	466333,000	66			
Corrected Total	199950,439	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.60 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Totales en función del tiempo de muestreo – Año 2014

Dependent Variable: Coliformes Totales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	42,27 [*]	14,926	,017	6,40	78,14
		Durante	50,50 [*]	14,926	,004	14,63	86,37
	Después	Antes	-42,27 [*]	14,926	,017	-78,14	-6,40
		Durante	8,23	14,926	,846	-27,64	44,10
	Durante	Antes	-50,50 [*]	14,926	,004	-86,37	-14,63
		Después	-8,23	14,926	,846	-44,10	27,64

Tabla 4.61 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Totales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Totales p - value = 0,005	Durante	43,95	A
	Después	52,18	A
	Antes	94,45	B

En la Tabla 4.60 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Después y Durante (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-65 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014

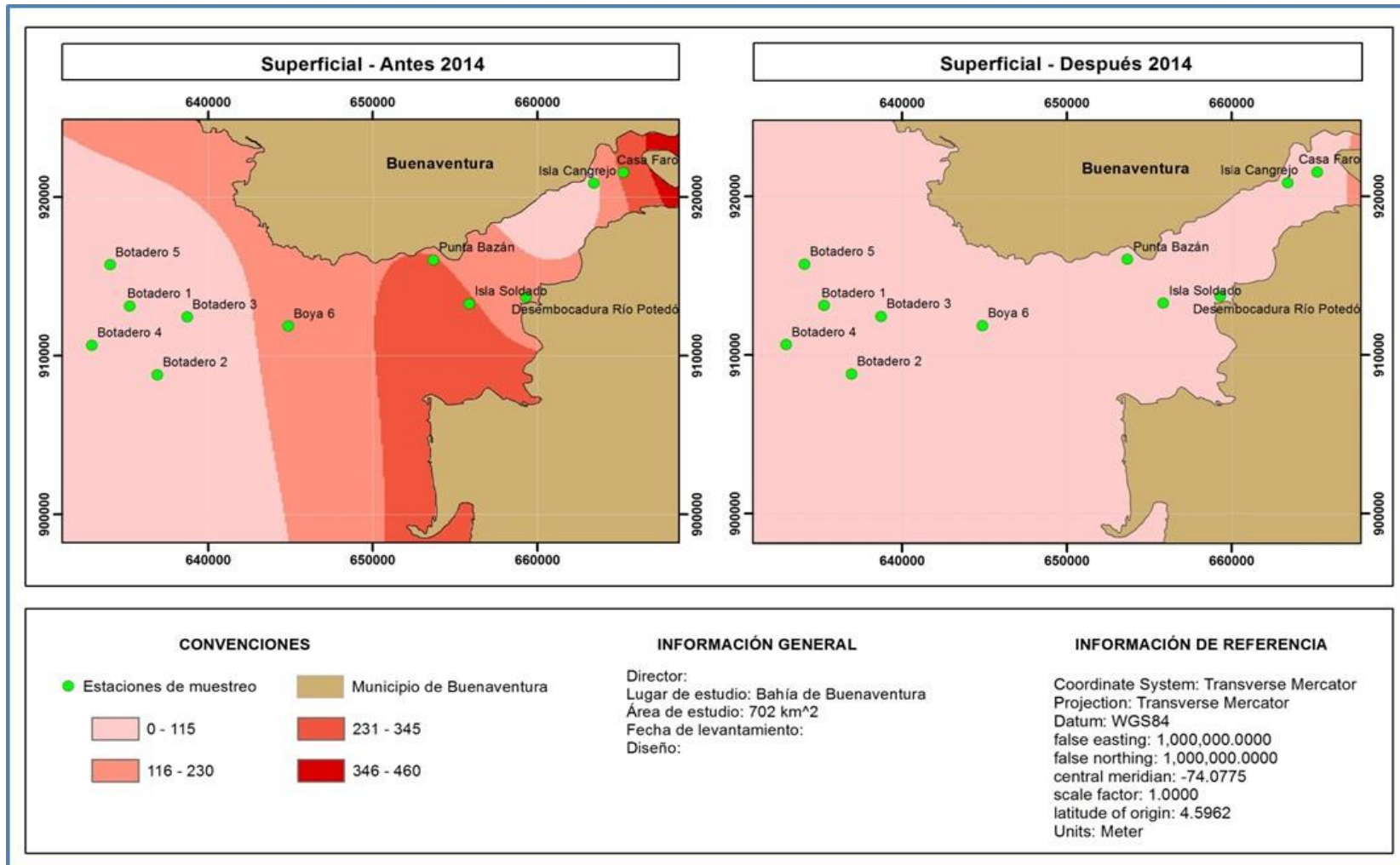
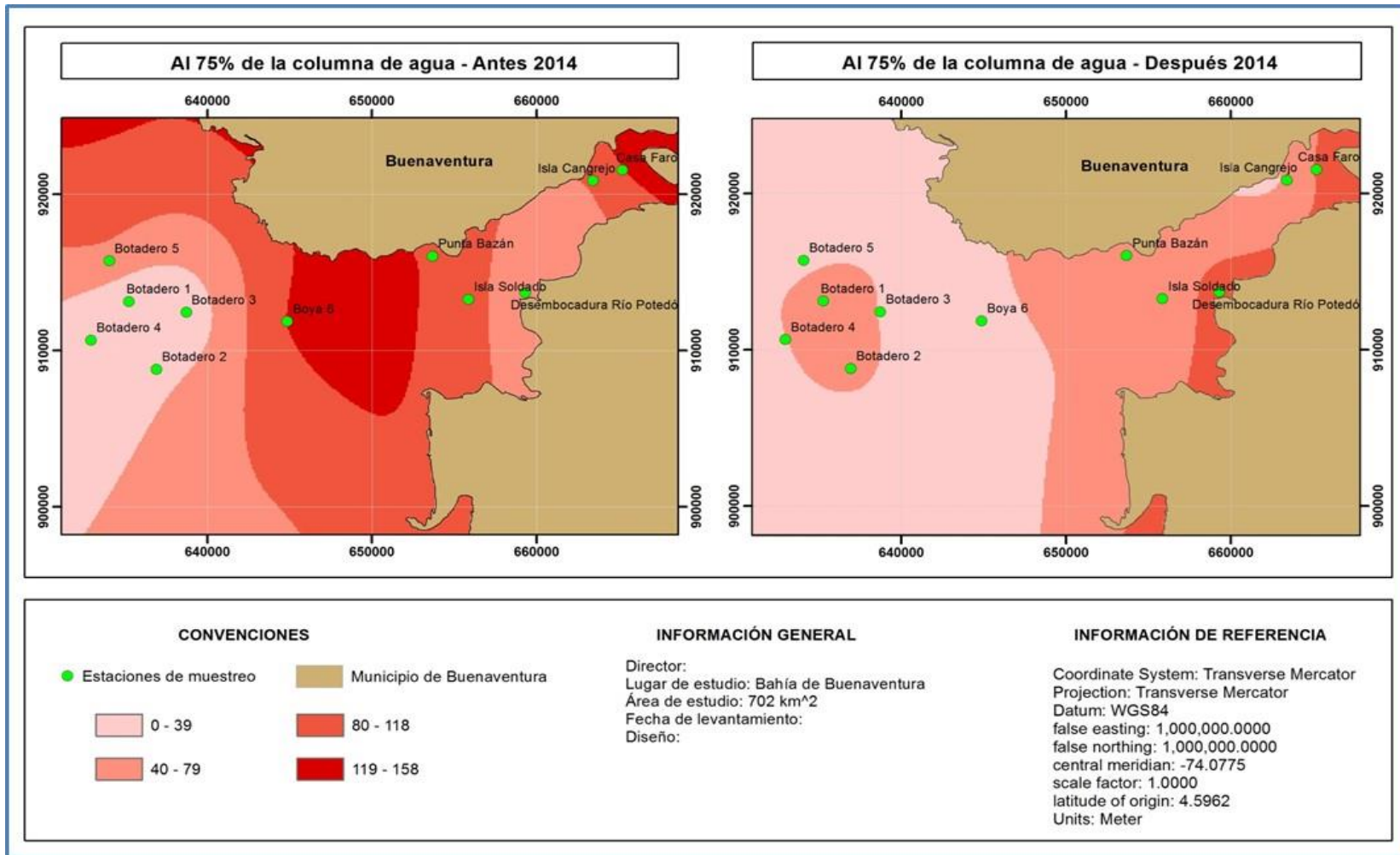


Figura 4-66 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Totales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Totales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-67, Figura 4-68, Figura 4-69 y la Figura 4-70, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Totales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-67 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

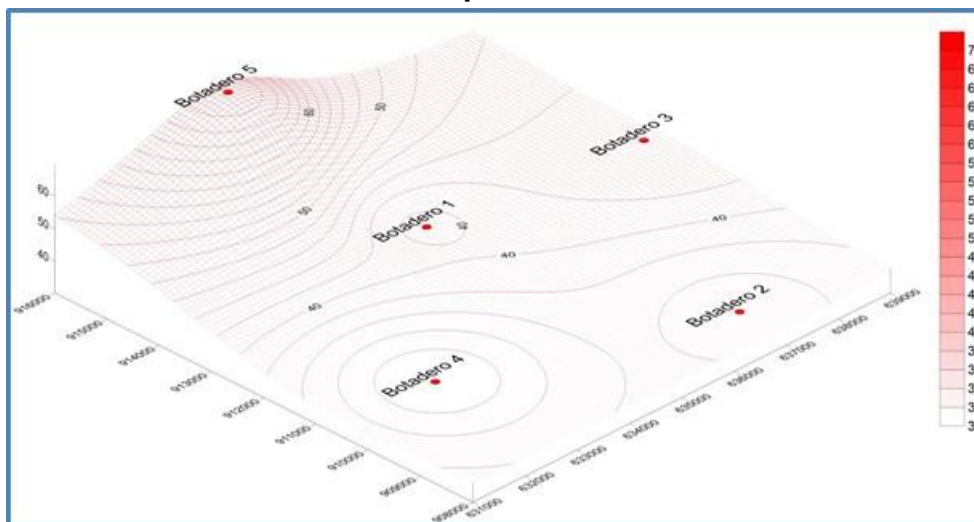


Figura 4-68 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

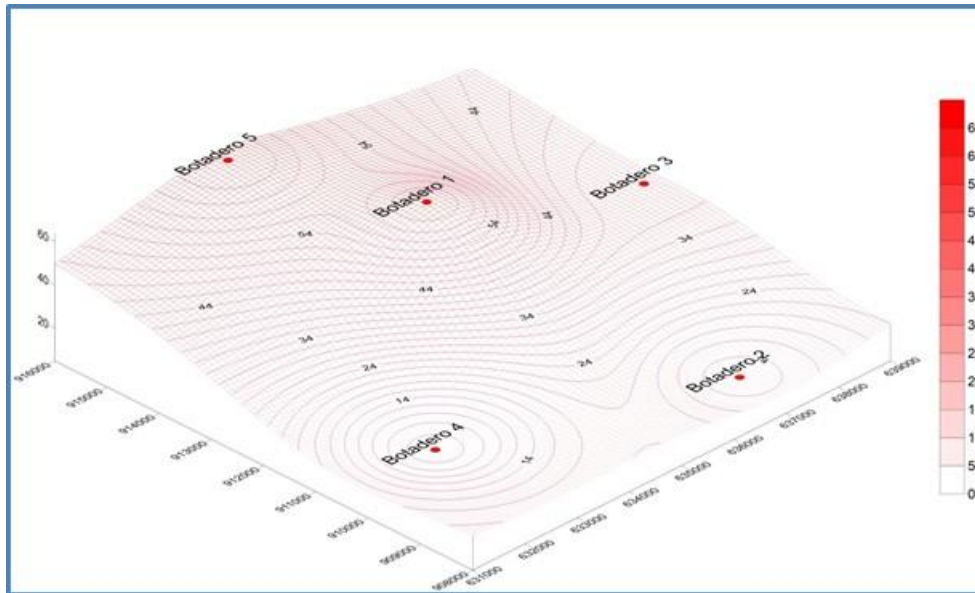


Figura 4-69 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014

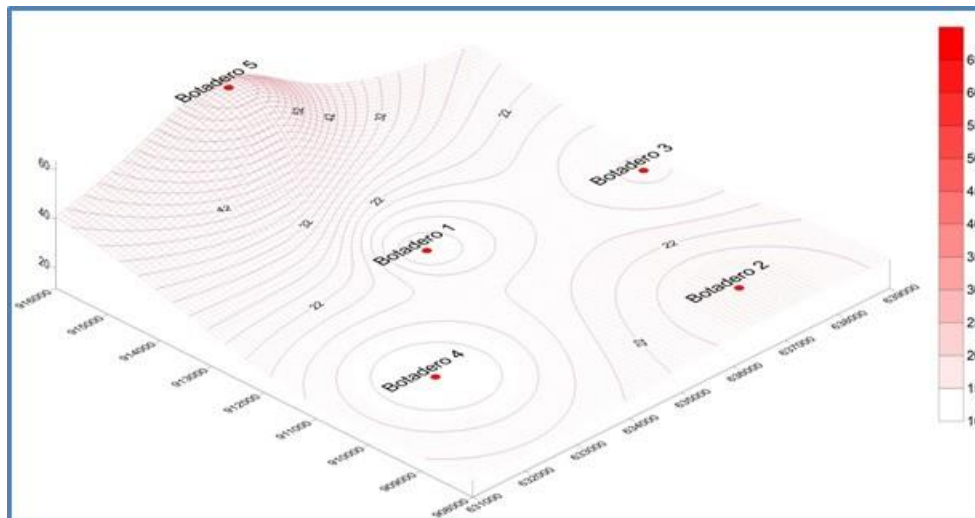
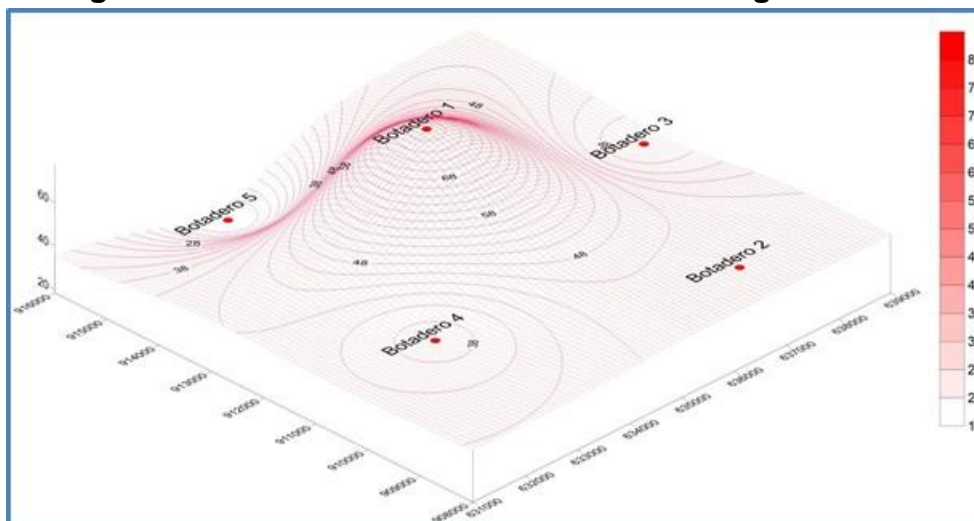


Figura 4-70 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Totales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014



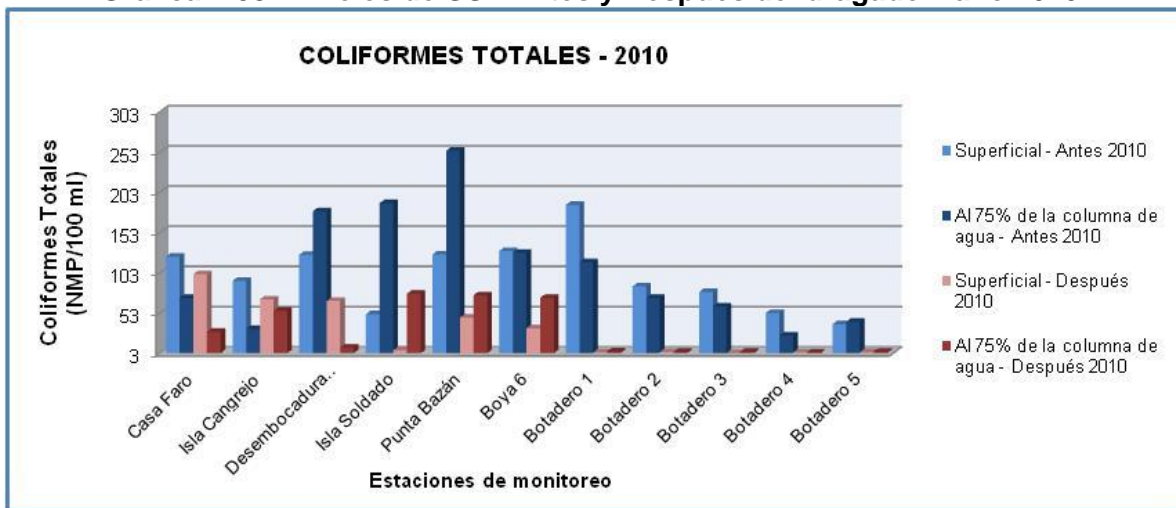
4.5.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL COLIFORMES TOTALES

A continuación se presenta la comparación multianual del parámetro coliformes totales en los monitoreos localizados a nivel superficial y con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observa en todos los años del análisis una disminución en la concentración de coliformes totales para todos los años posteriores a las actividades de dragado. Se presenta valores menores en los años 2010 y 2012 y una aumento en la concentración de coliformes totales para el año 2011 pasada la actividad de dragado para la muestra al 75% de la columna de agua.

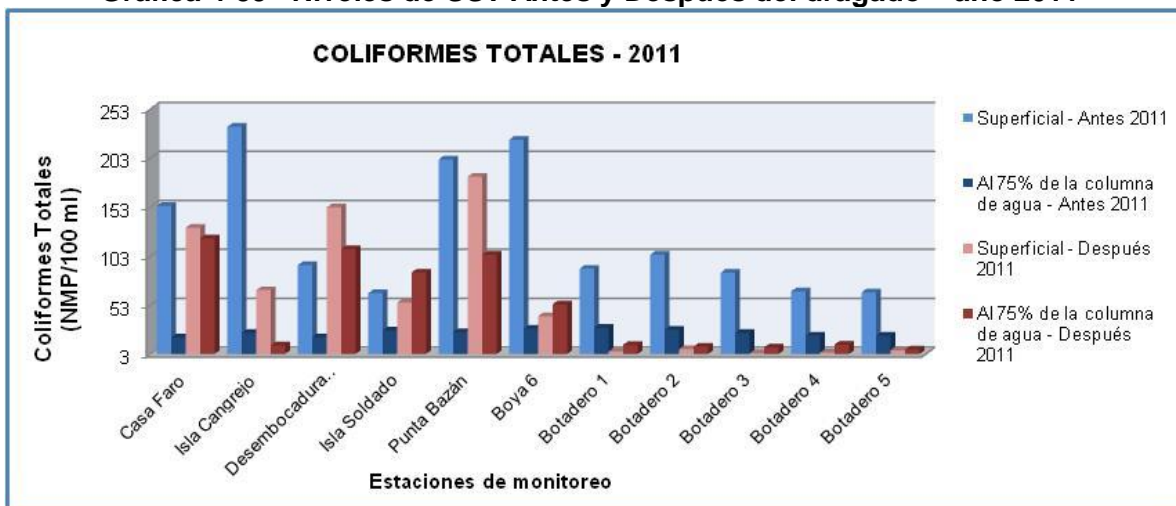
Tabla 4.62 Comparación Multianual SST antes y despues

COLIFORMES TOTALES				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	99,4	125,9	137,5	124,0
al 75%	106,8	24,7	98,2	64,9
Promedio	103,0	75,3	117,8	94,5
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	31,5	60,2	27,8	51,2
al 75%	31,1	49,1	34,0	53,1
Promedio	31,3	54,6	30,9	52,2

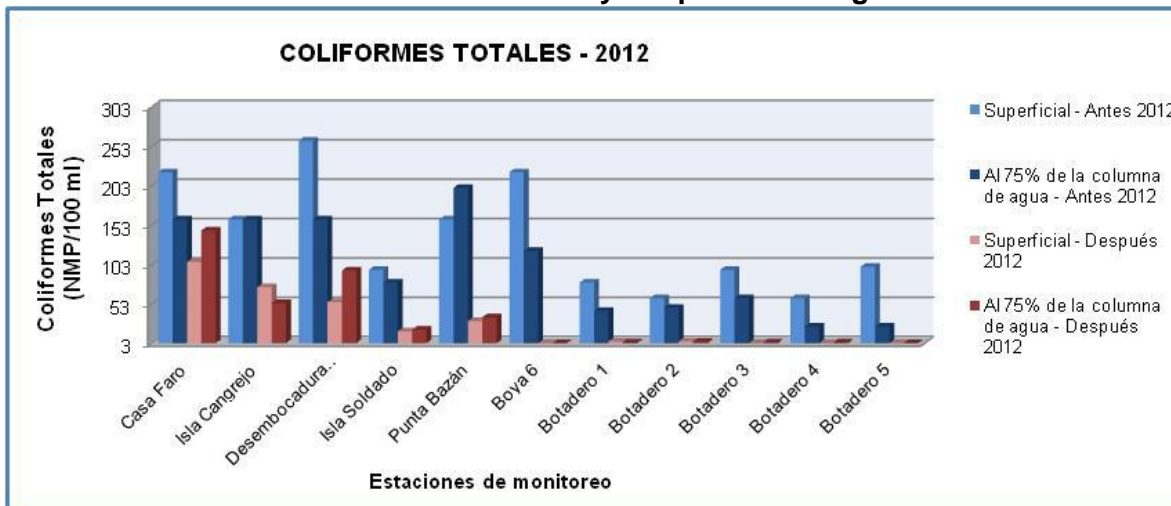
Gráfica 4-58 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2010



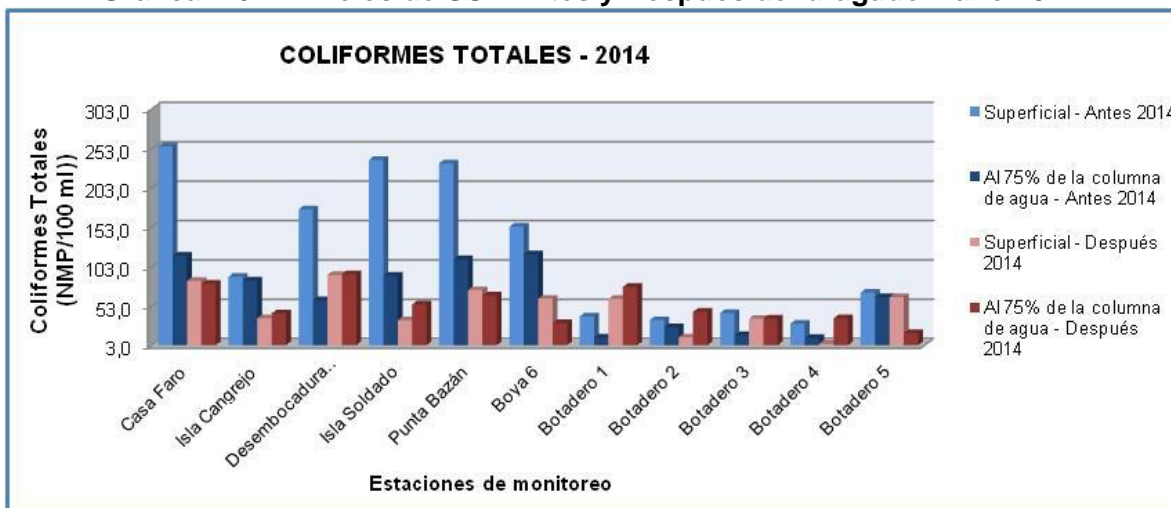
Gráfica 4-59 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-60 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-61 Niveles de SST Antes y Después del dragado – año 2014



4.6 COLIFORMES FECALES

Los altos niveles de contaminación de origen fecal hacen necesario un estricto control de la calidad microbiológica del agua.

En el caso de las concentraciones de Coliformes Fecales, la norma nacional establecida en el Decreto 1594/84 del Ministerio de salud, fija el máximo permisible de acuerdo al uso que se le desee dar al recurso. De acuerdo al uso que se le provee a las aguas de la bahía de Buenaventura sirviendo para fines

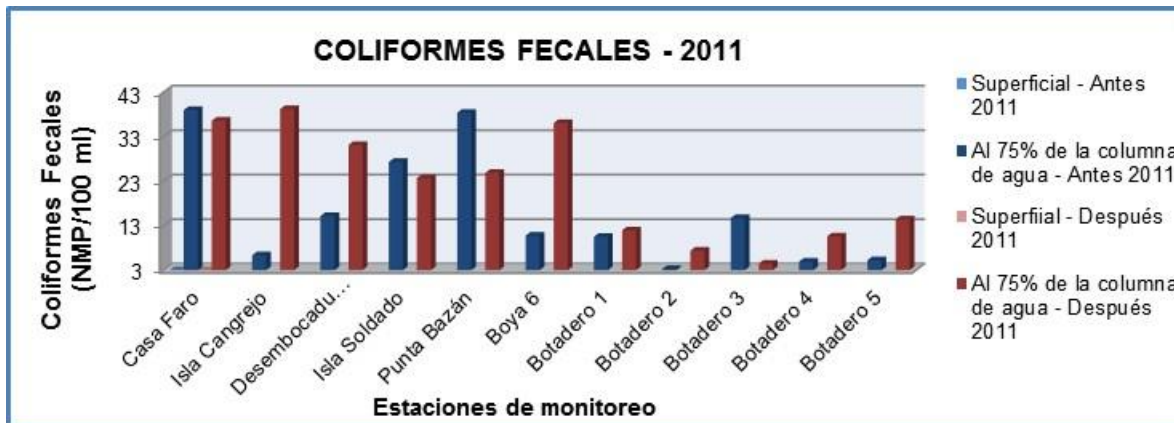
recreativos mediante contacto primario y de acuerdo a lo establecido en el Artículo 42 del mencionado Decreto el cual establece como límite permisible concentraciones inferiores a 200 microorganismos/ml.

El análisis multianual de las concentraciones de coliformes fecales antes y después del dragado, se presenta a continuación:

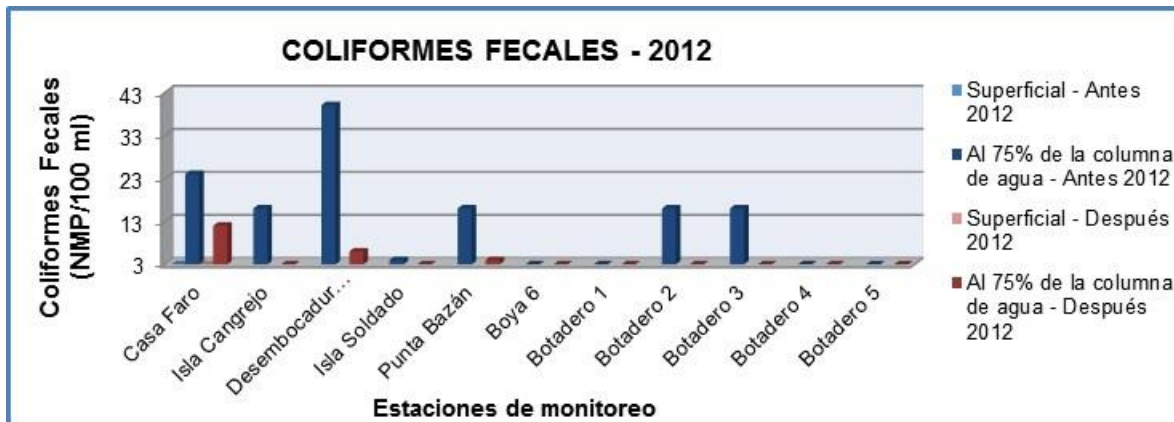
Gráfica 4-62 Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2010



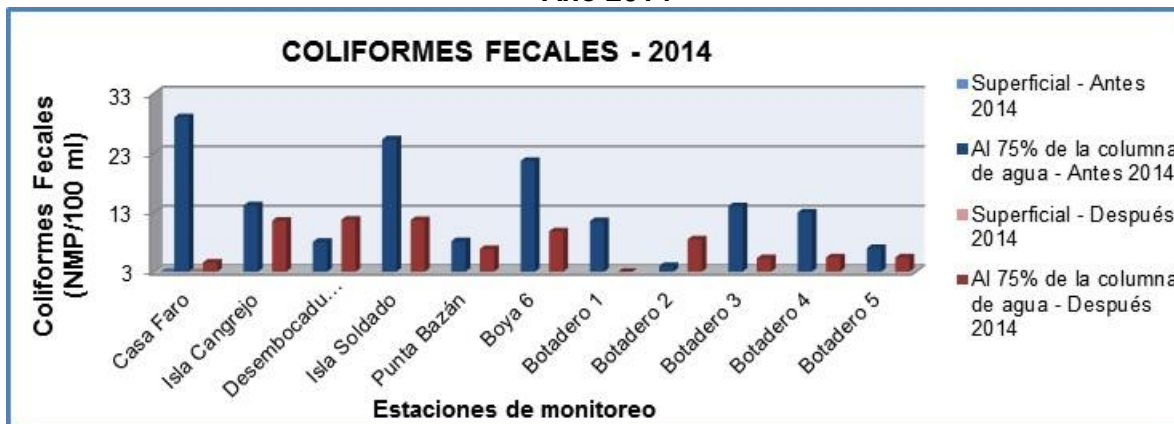
Gráfica 4-63 Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2011



Gráfica 4-64 Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2012



Gráfica 4-65 Concentraciones de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado - Año 2014



Al realizar el análisis ANOVA para el parámetro oxígeno disuelto en cada año muestreado, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.6.1 AÑO 2010

Tabla 4.63 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2010

Dependent Variable: Coliformes Fecales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	2932,500 ^a	5	586,500	11,679	,000
Intercept	5079,409	1	5079,409	101,147	,000
Tiempo	2893,455	2	1446,727	28,809	,000
Profundidad	12,742	1	12,742	,254	,616
Tiempo * Profundidad	26,303	2	13,152	,262	,770
Error	3013,091	60	50,218		
Total	11025,000	66			
Corrected Total	5945,591	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.64 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2010

Dependent Variable: Coliformes Fecales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	14.00	2.137	.000	8.87	19.13
		Durante	14.09	2.137	.000	8.96	19.23
	Después	Antes	-14.00	2.137	.000	-19.13	-8.87
		Durante	.09	2.137	.999	-5.04	5.23
	Durante	Antes	-14.09	2.137	.000	-19.23	-8.96
		Después	-.09	2.137	.999	-5.23	5.04

Tabla 4.65 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2010

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Fecales p - value = 0,000	Durante	4,05	A
	Después	4,14	A
	Antes	18,14	B

En la Tabla 4.64 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Durante y Después (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-71 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2010

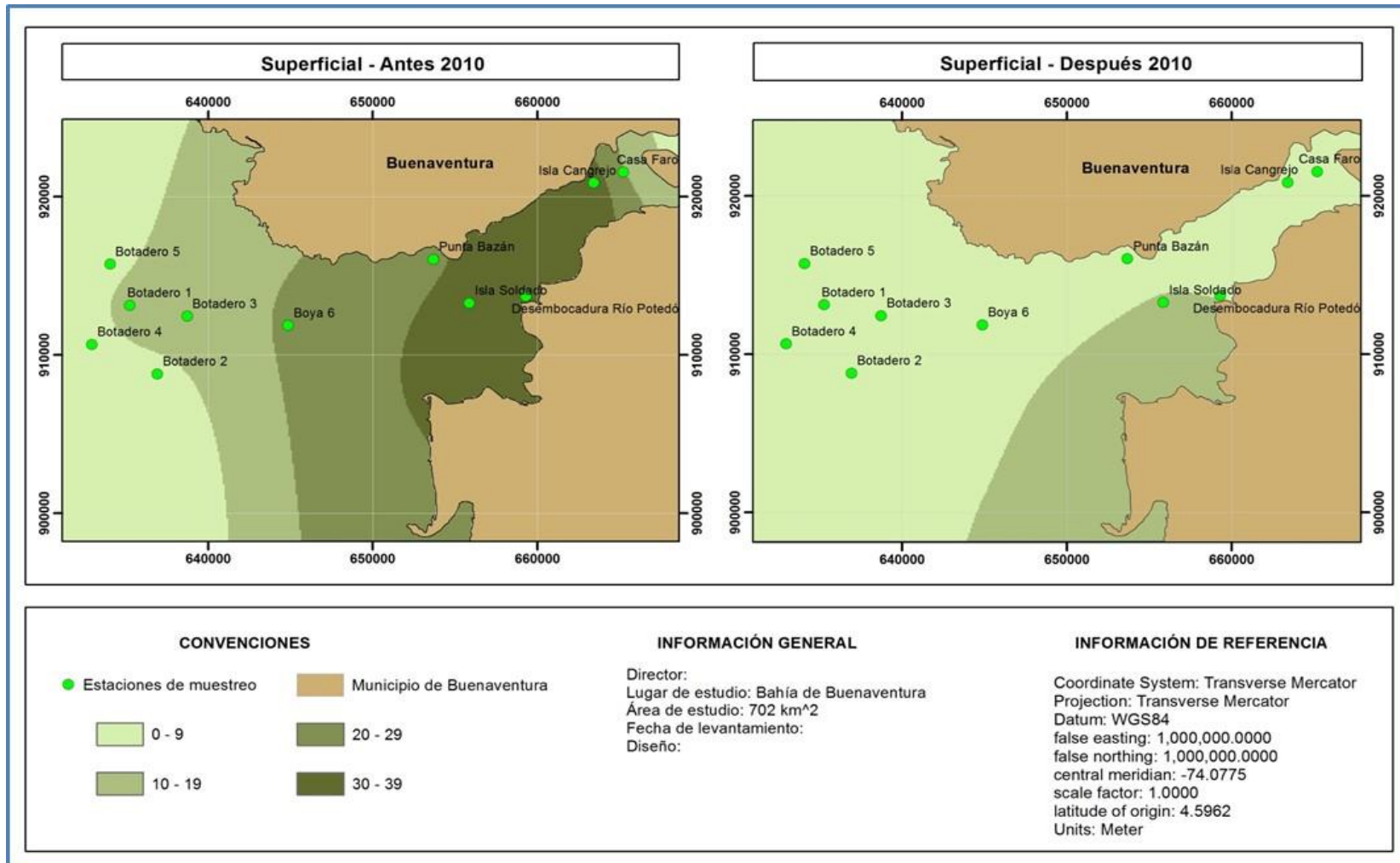
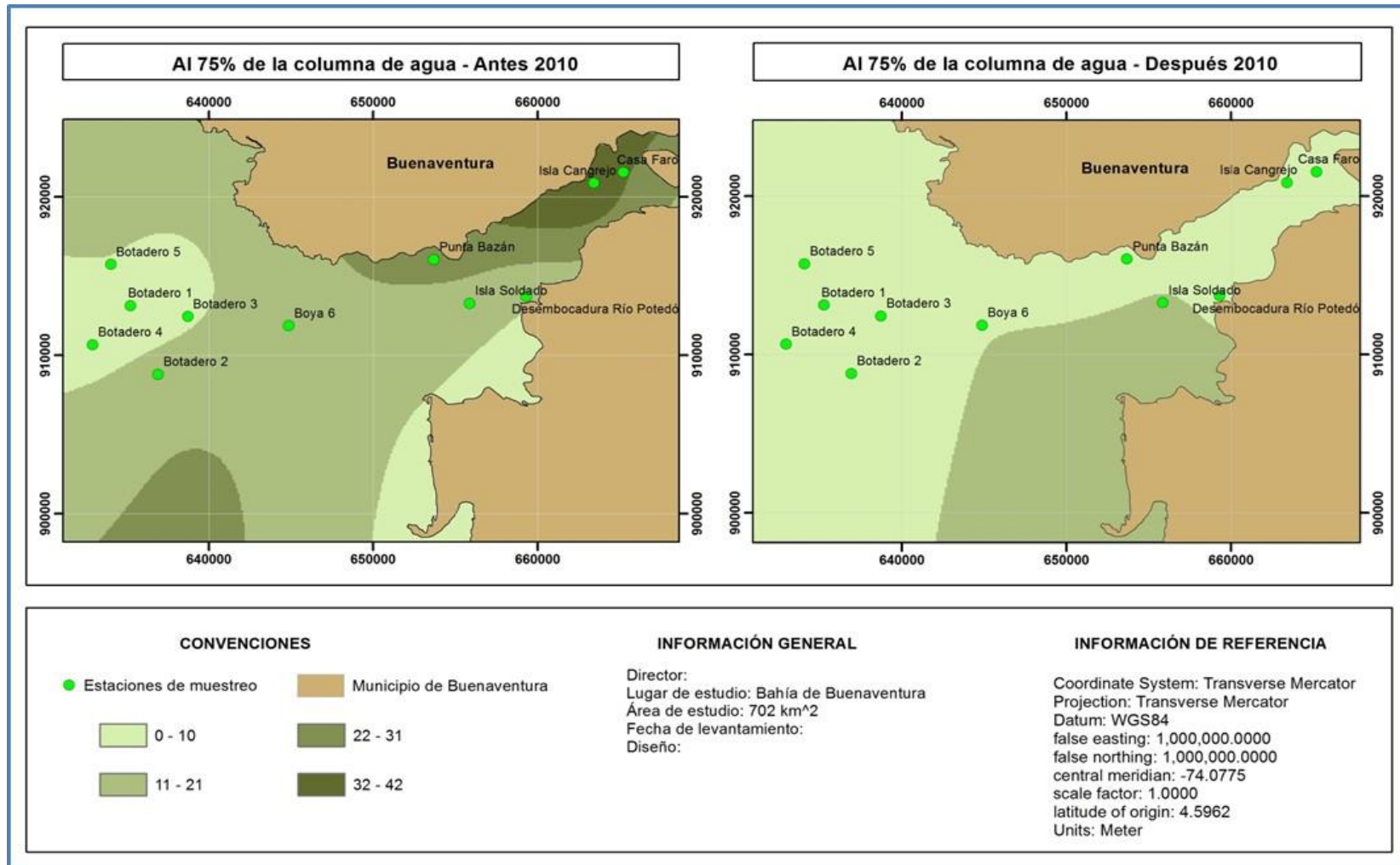


Figura 4-72 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2010



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Fecales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

De acuerdo a los datos tomados en campo, no se registraron valores de Coliformes Fecales después del dragado (Monitoreo al 75% de la columna de agua), razón por la cual no fue posible realizar la modelación 3D del parámetro (Ver anexo).

La Figura 4-73, Figura 4-74 y la Figura 4-75, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Fecales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-73 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2010

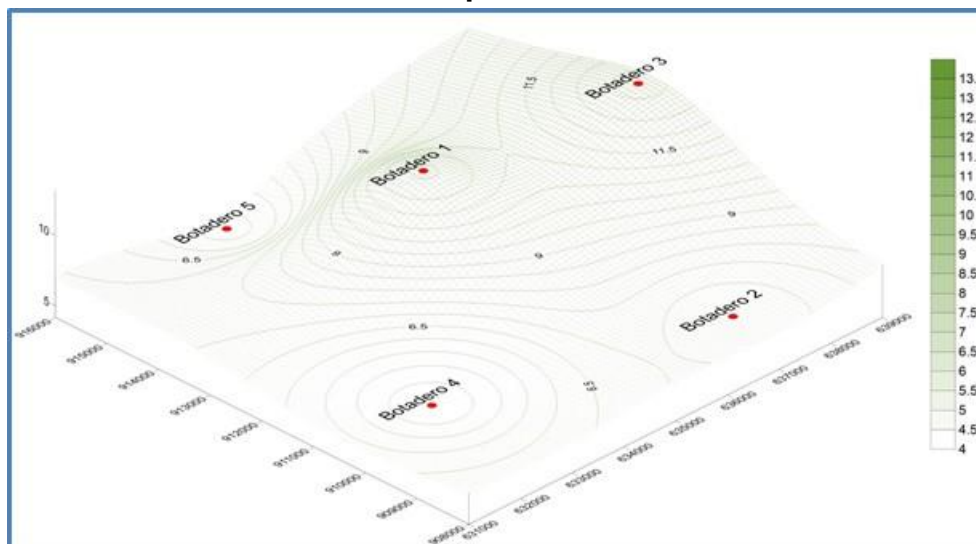


Figura 4-74 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010

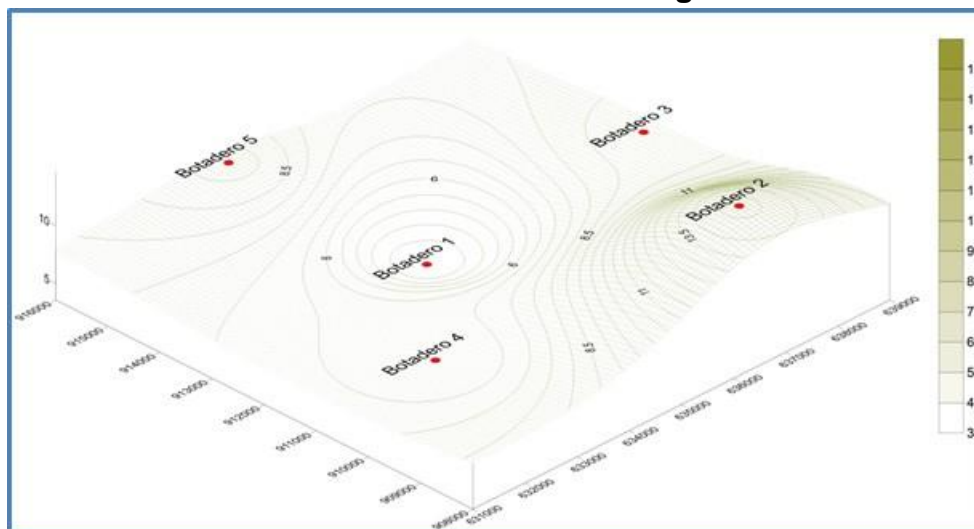
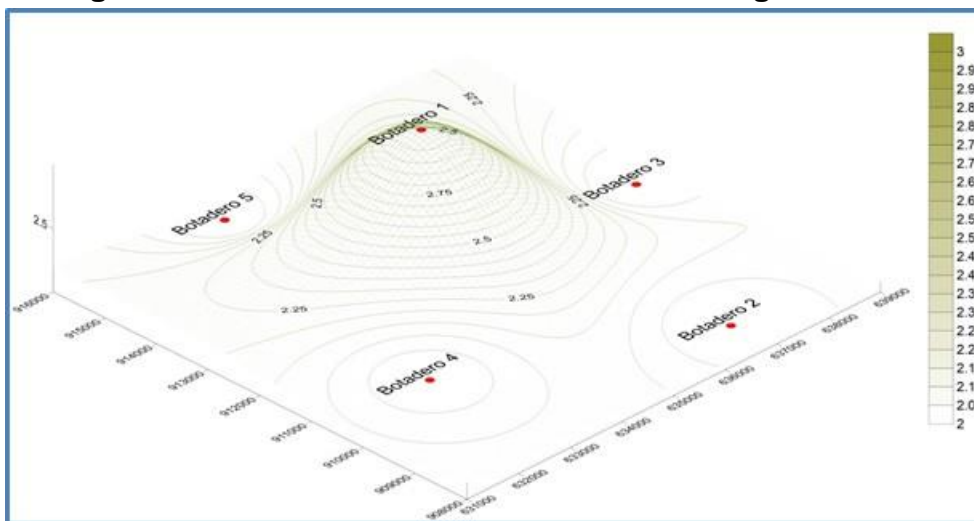


Figura 4-75 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2010



4.6.2 AÑO 2011

Tabla 4.66 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2011

Dependent Variable: Coliformes Fecales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	1371,636 ^a	5	274,327	2,495	,041
Intercept	15578,727	1	15578,727	141,676	,000
Tiempo	1290,545	2	645,273	5,868	,005
Profundidad	2,182	1	2,182	,020	,888
Tiempo * Profundidad	78,909	2	39,455	,359	,700
Error	6597,636	60	109,961		
Total	23548,000	66			
Corrected Total	7969,273	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.67 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2011

Dependent Variable: Coliformes Fecales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	-3,55	3,162	,505	-11,14	4,05
		Durante	7,09	3,162	,072	-,51	14,69
	Después	Antes	3,55	3,162	,505	-4,05	11,14
		Durante	10,64	3,162	,004	3,04	18,23
	Durante	Antes	-7,09	3,162	,072	-14,69	,51
		Después	-10,64	3,162	,004	-18,23	-3,04

Tabla 4.68 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2011

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Fecales p - value = 0,005	Durante	9,45	A
	Antes	16,55	B
	Después	20,09	B

En la Tabla 4.67 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Durante (A), con respecto los tiempos de muestreo Antes y Después (B).

Figura 4-76 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2011

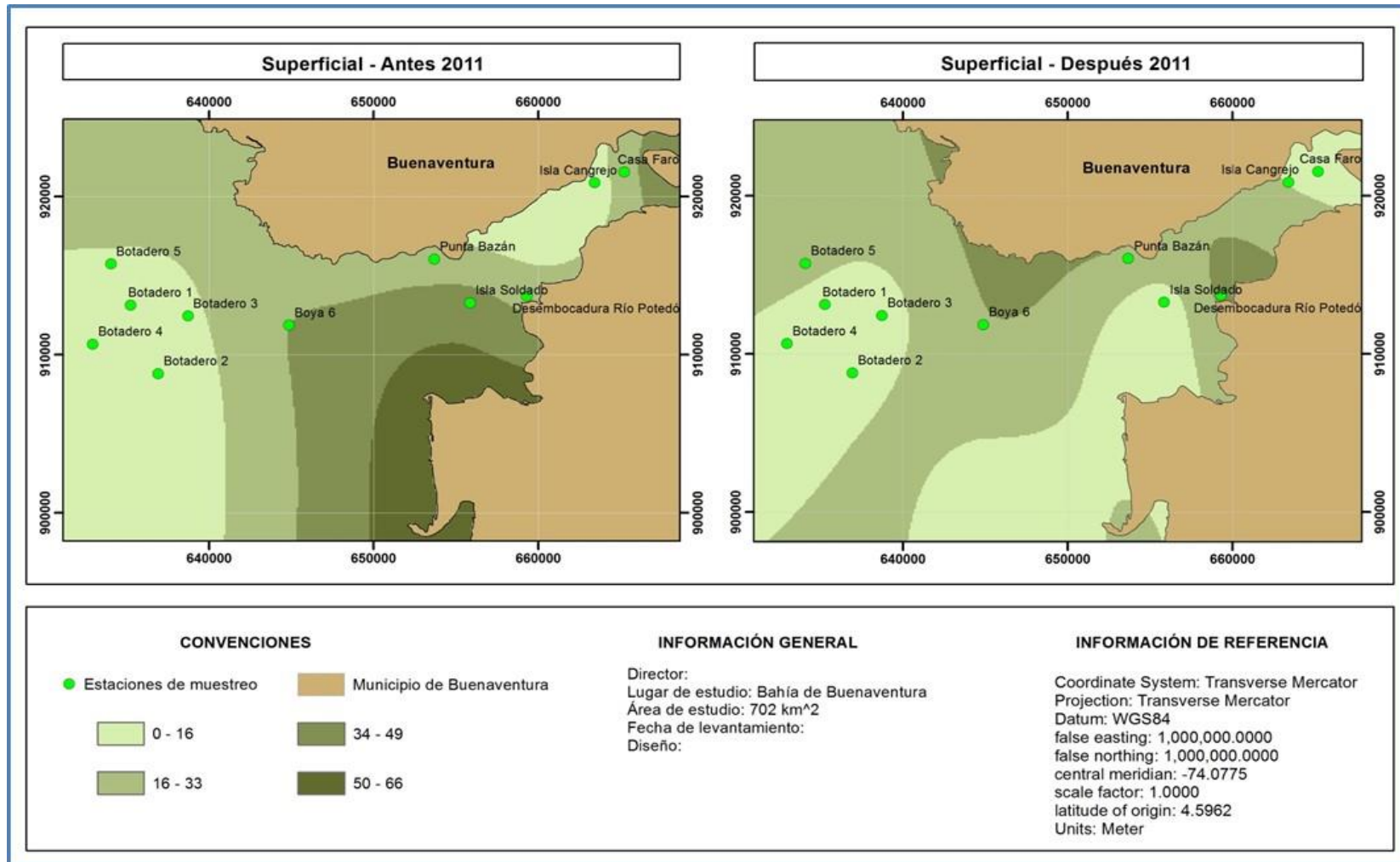
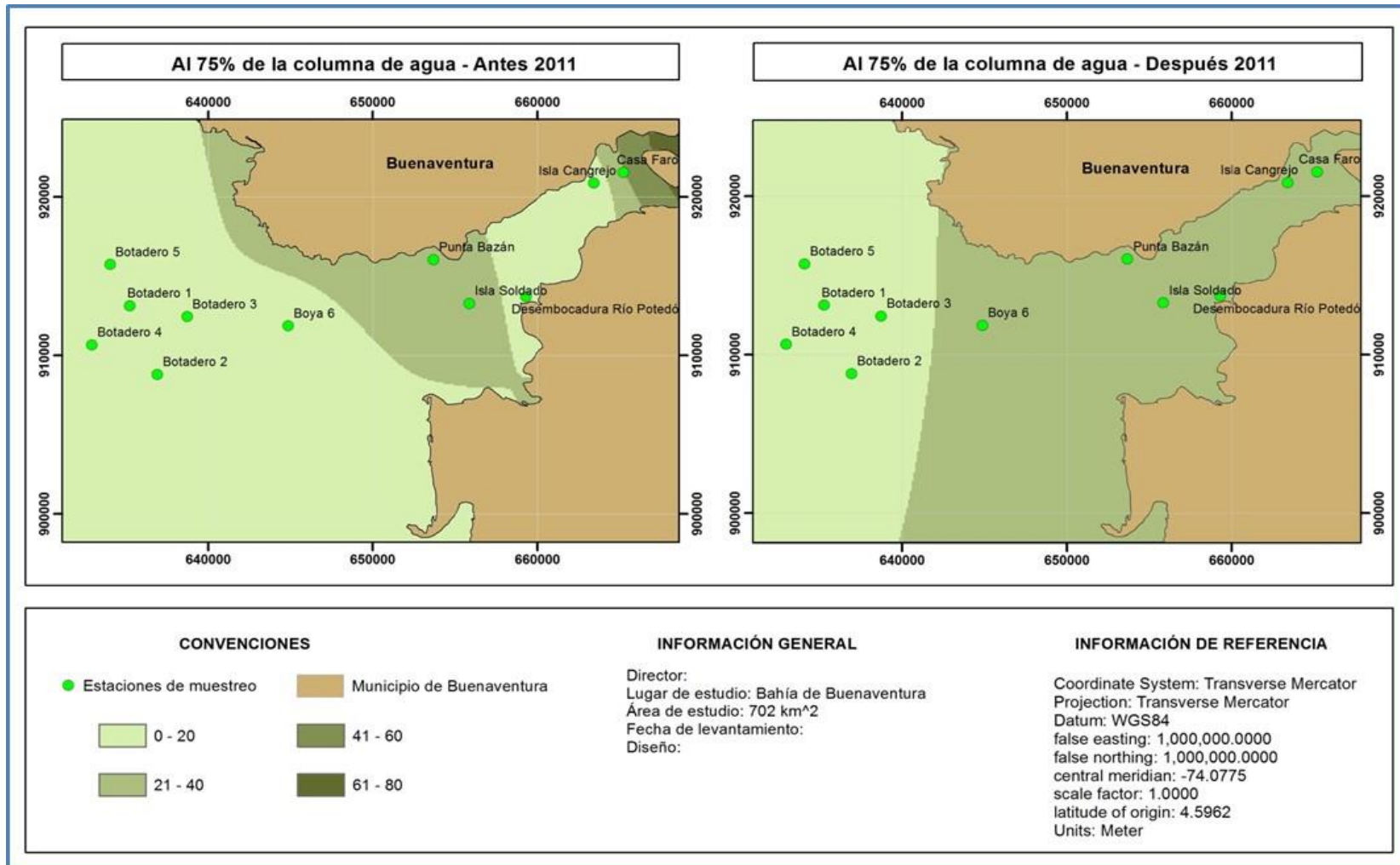


Figura 4-77 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2011



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Fecales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

De acuerdo a los datos tomados en campo, no se registraron valores de Coliformes Fecales después del dragado (Monitoreo al 75% de la columna de agua), razón por la cual no fue posible realizar la modelación 3D del parámetro (Ver anexo).

Las Figura 4-78, Figura 4-79 y Figura 4-80 ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Fecales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-78 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

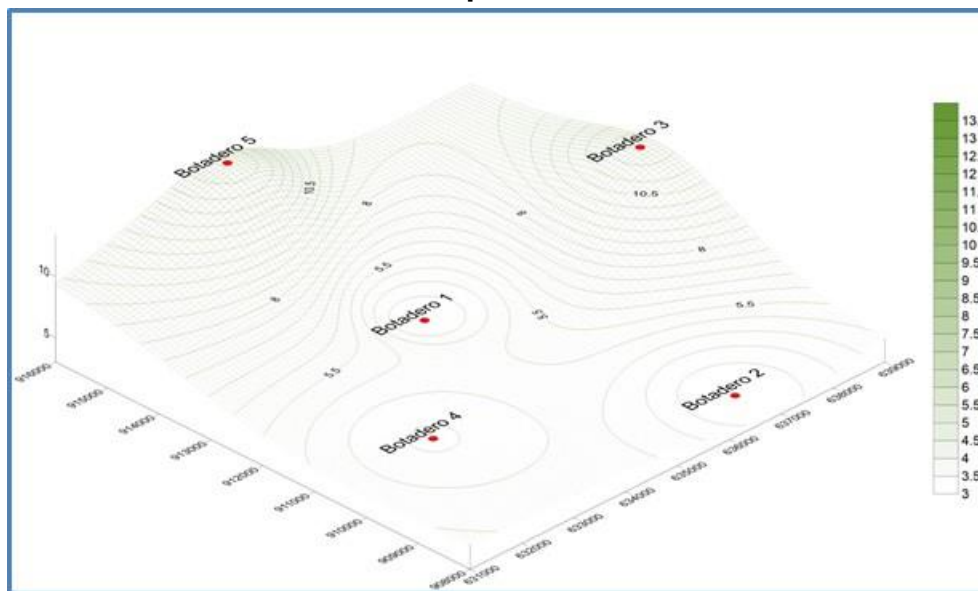


Figura 4-79 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2011

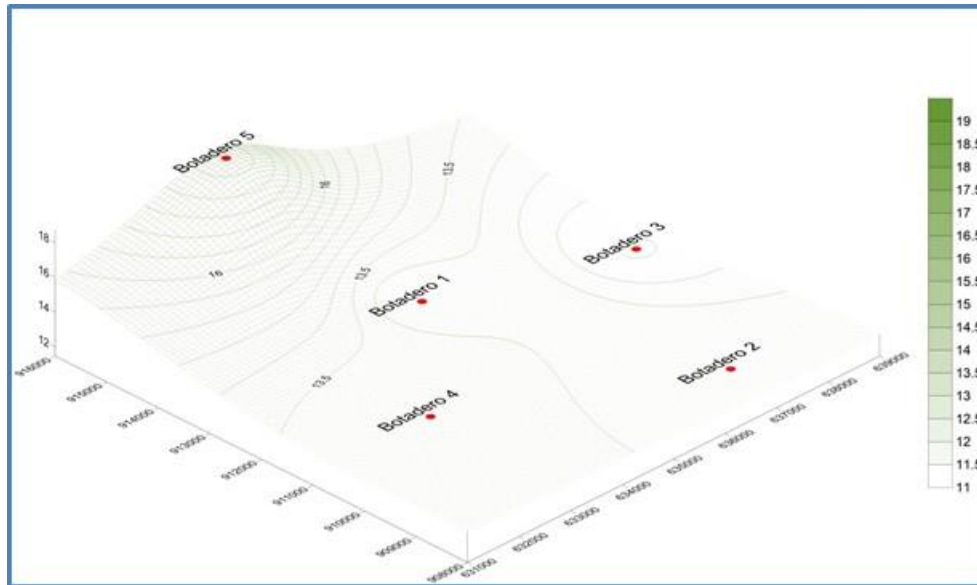
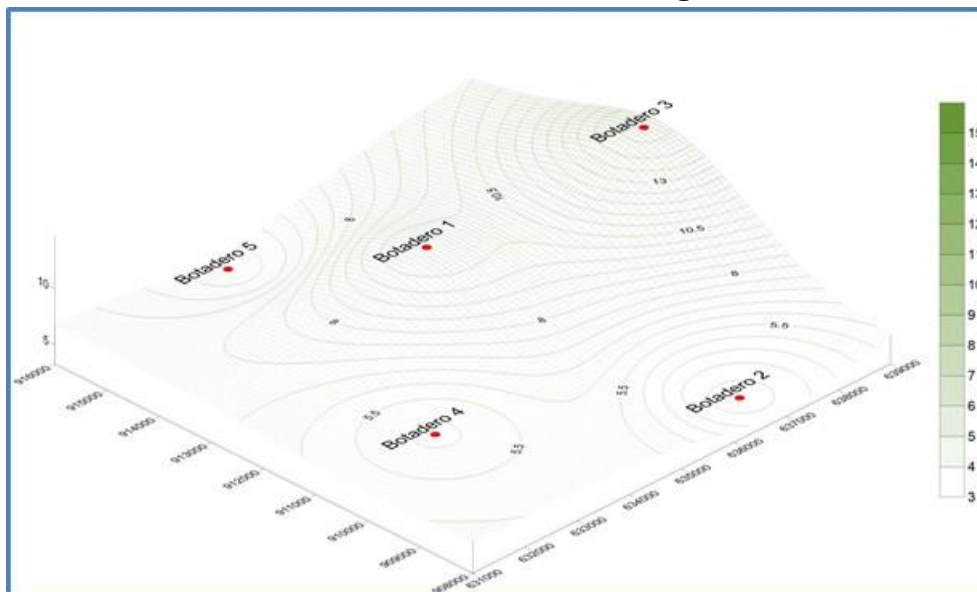


Figura 4-80 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2011



4.6.3 AÑO 2012

Tabla 4.69 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2012

Dependent Variable: Coliformes Fecales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	1114,136 ^a	5	222,827	4,409	,002
Intercept	2634,682	1	2634,682	52,134	,000
Tiempo	1103,545	2	551,773	10,918	,000
Profundidad	1,227	1	1,227	,024	,877
Tiempo * Profundidad	9,364	2	4,682	,093	,912
Error	3032,182	60	50,536		
Total	6781,000	66			
Corrected Total	4146,318	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.70 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2012

Dependent Variable: Coliformes Fecales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	8,36	2,143	,001	3,21	13,51
		Durante	8,95	2,143	,000	3,80	14,11
	Después	Antes	-8,36	2,143	,001	-13,51	-3,21
		Durante	,59	2,143	,959	-4,56	5,74
	Durante	Antes	-8,95	2,143	,000	-14,11	-3,80
		Después	-,59	2,143	,959	-5,74	4,56

Tabla 4.71 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2012

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Fecales p - value = 0,000	Durante	3,14	A
	Después	3,73	A
	Antes	12,09	B

En la Tabla 4.71 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre los tiempos de muestreo: Durante y Después (A), con respecto al tiempo de muestreo Antes (B).

Figura 4-81 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2012

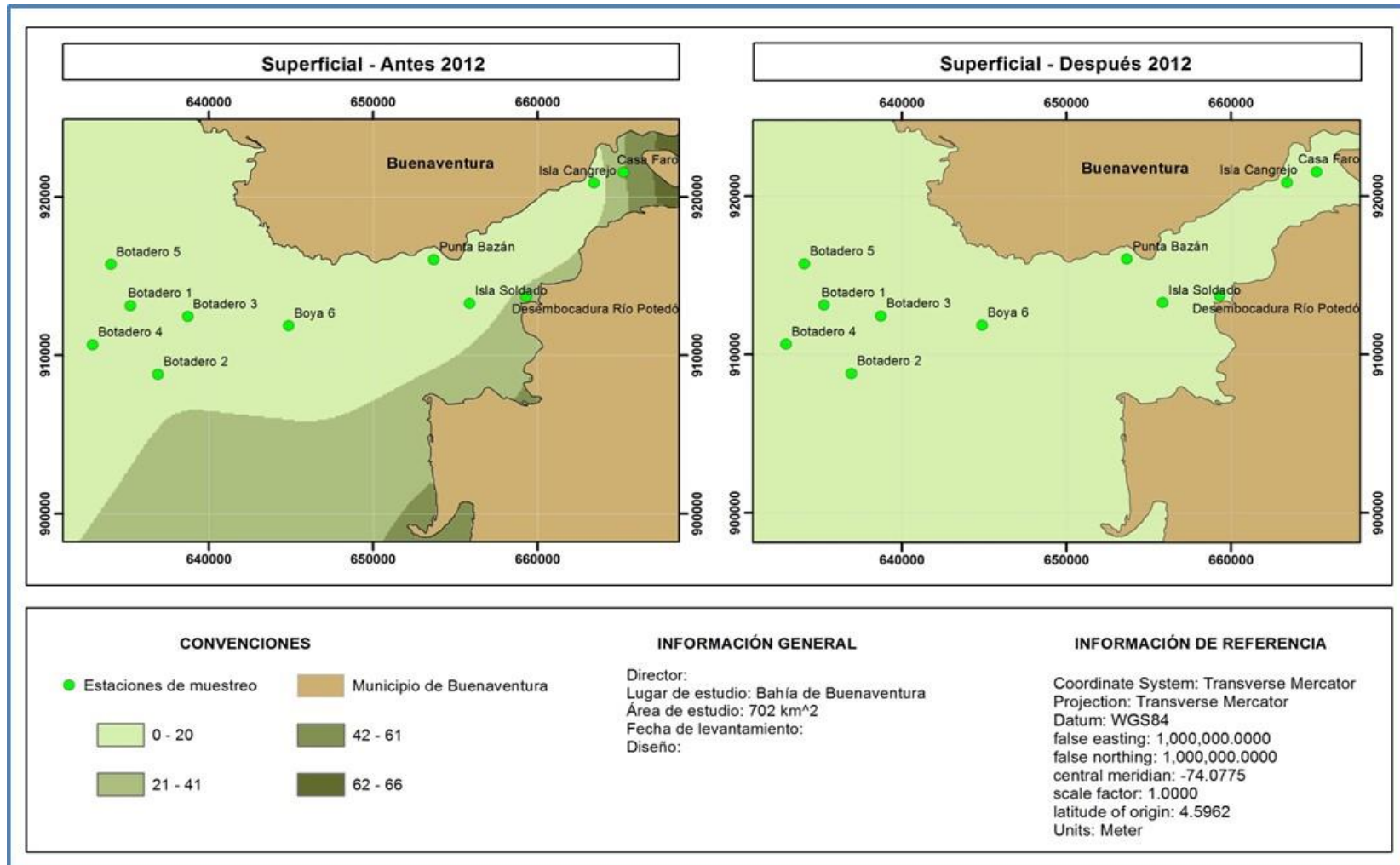
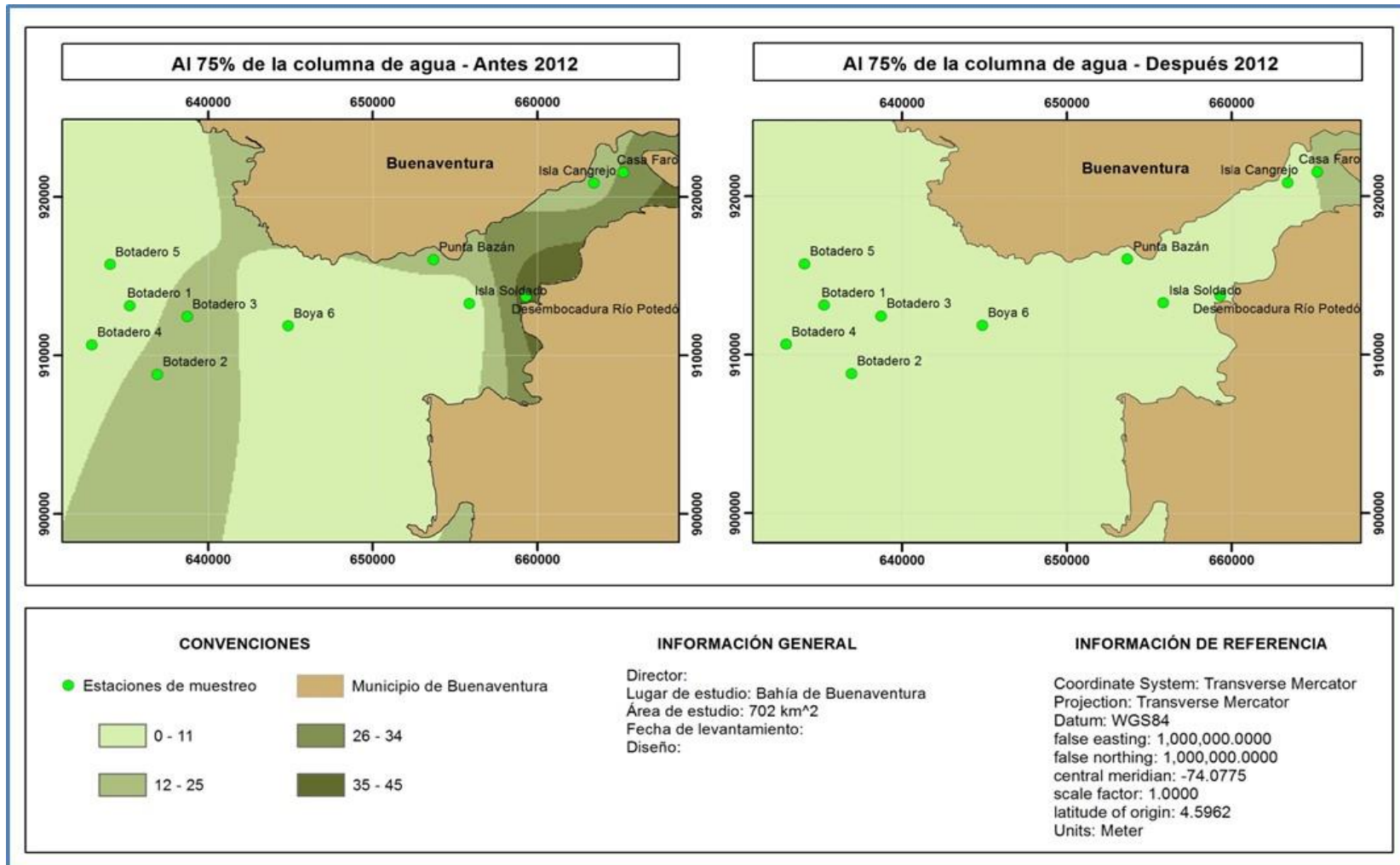


Figura 4-82 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2012



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Fecales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

De acuerdo a los datos tomados en campo, no se registraron valores de Coliformes Fecales después del dragado (Monitoreo Superficial y Monitoreo al 75% de la columna de agua), razón por la cual no fue posible realizar la modelación 3D del parámetro (Ver anexo).

La Figura 4-83 y la Figura 4-84, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Fecales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-83 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2012

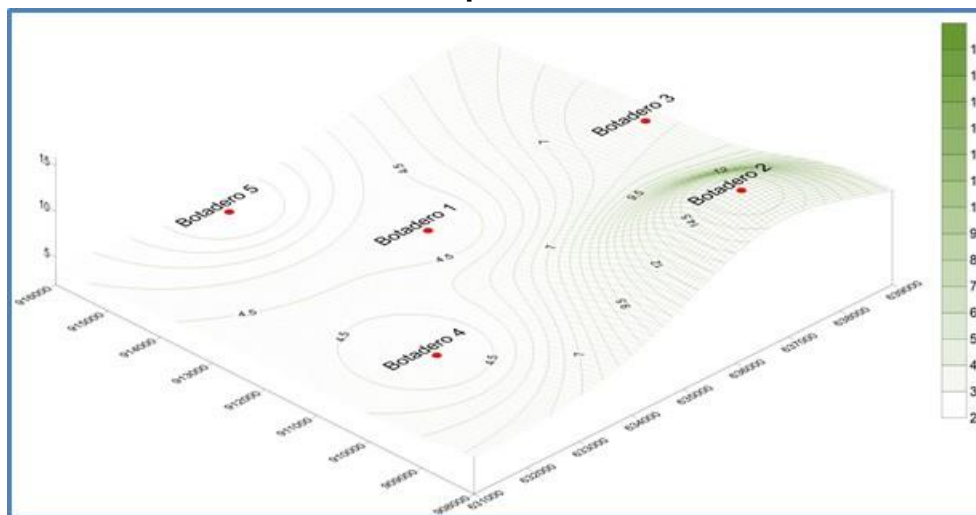
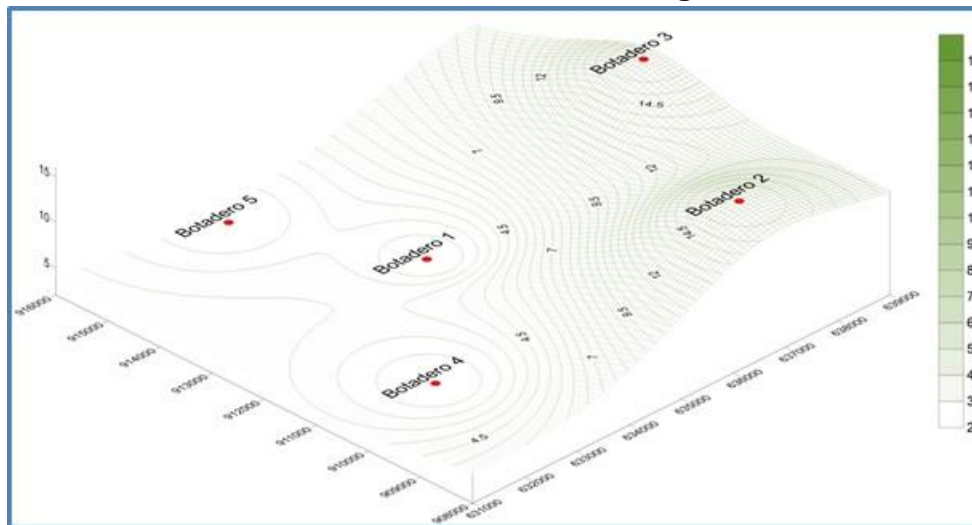


Figura 4-84 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2012



4.6.4 AÑO 2014

Tabla 4.72 Prueba ANOVA para el parámetro Coliformes Fecales - Año 2014

Dependent Variable: Coliformes Fecales					
SOURCE	TYPE III SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
Corrected Model	3703,758 ^a	5	740,752	12,814	,000
Intercept	16387,879	1	16387,879	283,498	,000
Tiempo	3252,485	2	1626,242	28,133	,000
Profundidad	203,879	1	203,879	3,527	,065
Tiempo * Profundidad	247,394	2	123,697	2,140	,127
Error	3468,364	60	57,806		
Total	23560,000	66			
Corrected Total	7172,121	65			

Los resultados del análisis ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre los tiempos de muestreo (Sig. < 0,05). De acuerdo a lo anterior, fue necesario realizar un análisis Post-Anova de comparación de medias (Tuckey), los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.73 Prueba Post-Anova para el parámetro Coliformes Fecales en función del tiempo de muestreo – Año 2014

Dependent Variable: Coliformes Fecales							
(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	MEAN DIFFERENCE (I-J)	STD. ERROR	SIG.	95% CONFIDENCE INTERVAL		
					LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Tukey HSD	Antes	Después	8.00	2.292	.003	2.49	13.51
		Durante	-9.18	2.292	.001	-14.69	-3.67
	Después	Antes	-8.00	2.292	.003	-13.51	-2.49
		Durante	-17.18	2.292	.000	-22.69	-11.67
	Durante	Antes	9.18	2.292	.001	3.67	14.69
		Después	17.18	2.292	.000	11.67	22.69

Tabla 4.74 Análisis de comparación de medias parámetro Coliformes Fecales en función del factor tiempo de muestreo – Año 2014

VARIABLE	TIEMPO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
Coli_Fecales p - value = 0,000	Después	7,36	A
	Antes	15,36	B
	Durante	24,55	C

En la Tabla 4.73 se clasificaron los tiempos de muestreo que resultaron estadísticamente iguales con la misma letra, con una confianza del 95%.

Los resultados de la tabla anterior, indican que se presentaron diferencias significativas entre todos los tiempos de muestreo: Después (A), con respecto a los tiempos de muestreo Antes (B) y Durante (C).

Figura 4-85 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo superficial Año 2014

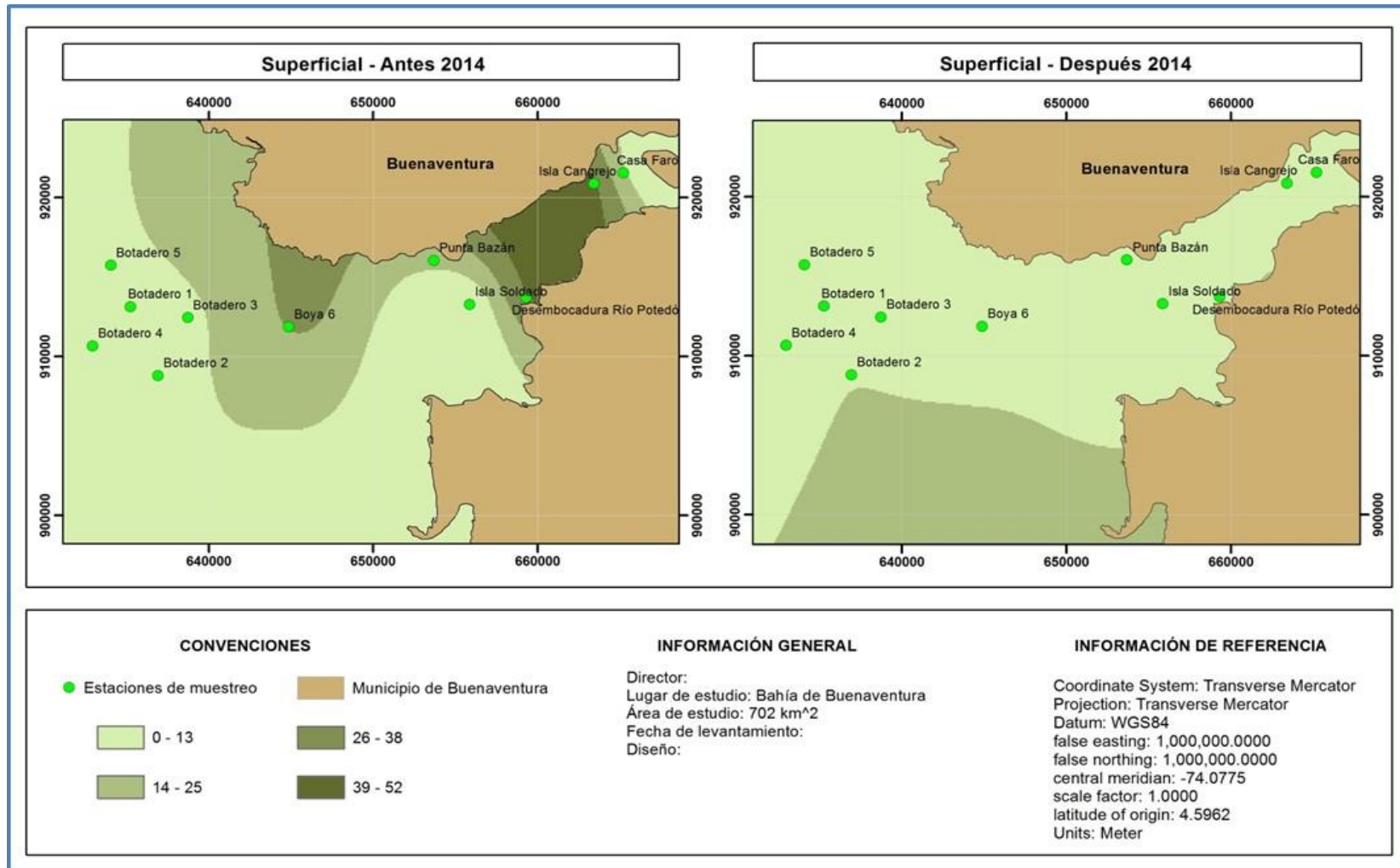
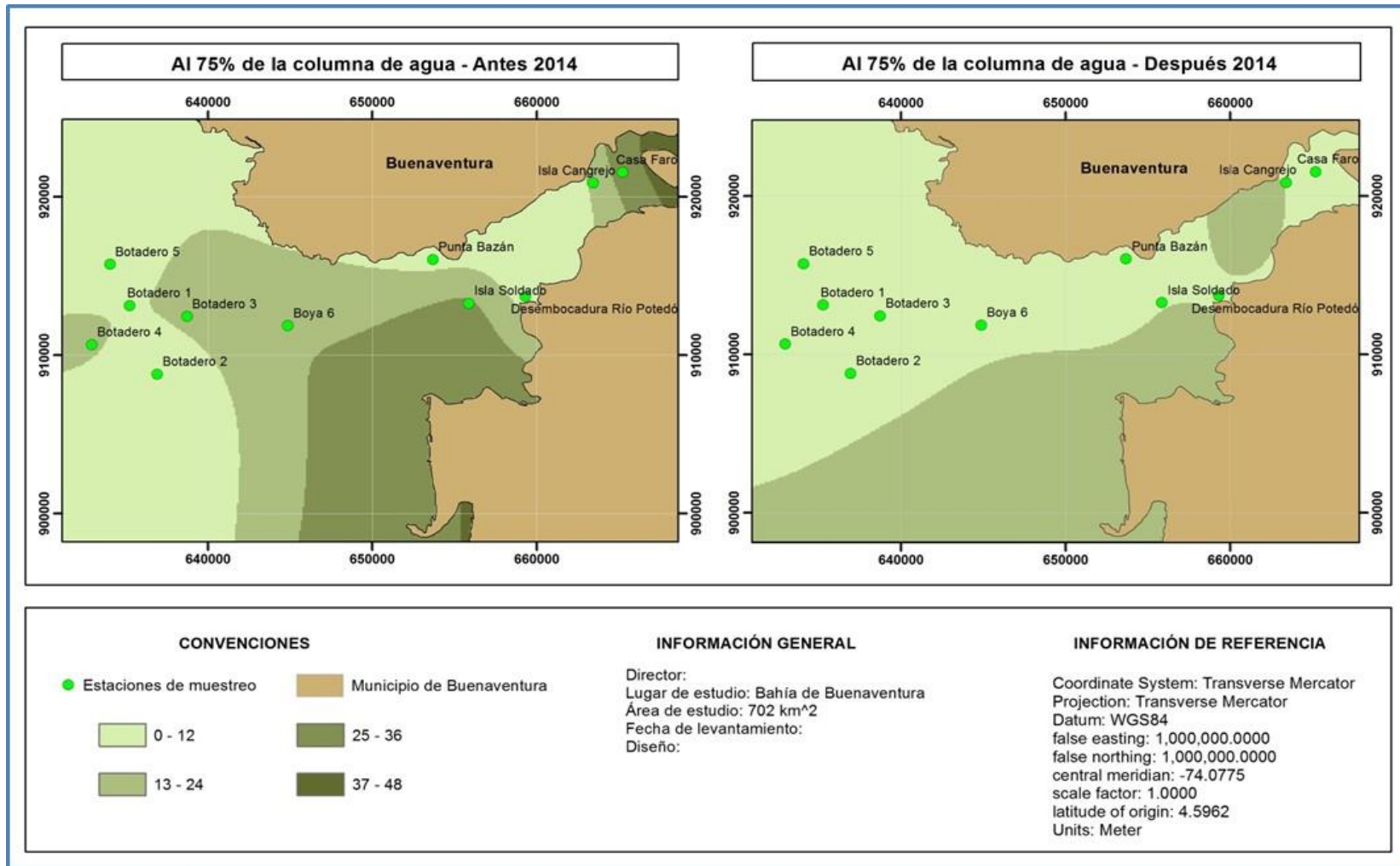


Figura 4-86 Distribución espacial de las concentraciones de Coliformes Fecales en la Bahía de Buenaventura Antes y Después del Dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua Año 2014



- **Zona de Botadero**

En la zona designada como botadero del material dragado (lugar concebido como el más afectado por las obras de dragado), se realizó el mapa de Coliformes Fecales en tres dimensiones (3D) con el fin de visualizar las tendencias y el comportamiento que este parámetro presenta en dicha zona.

La Figura 4-87, Figura 4-88 y la Figura 4-89, ilustran la distribución en 3D de los Coliformes Fecales monitoreado superficialmente y al 75% de la columna de agua respectivamente.

Figura 4-87 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

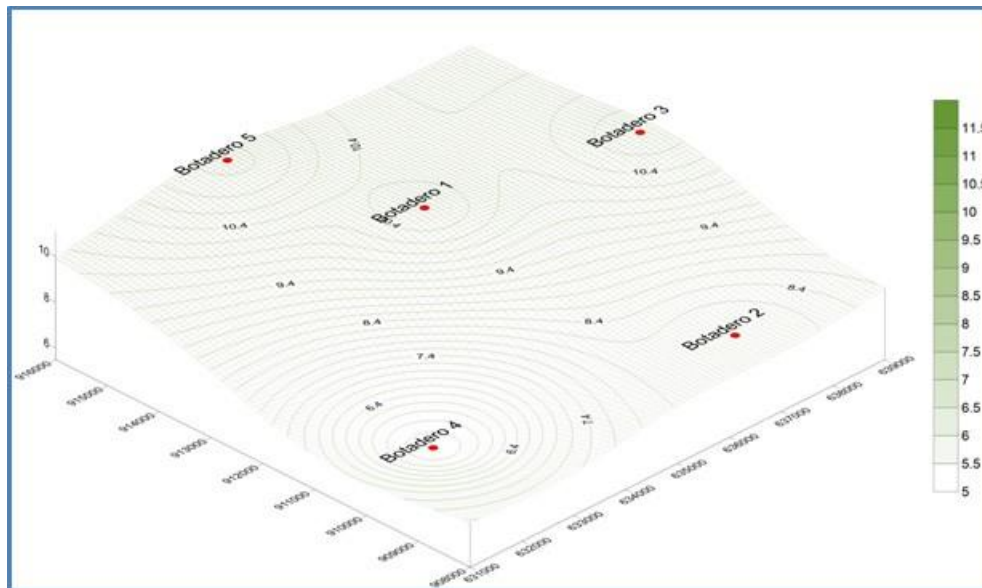


Figura 4-88 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo superficial año 2014

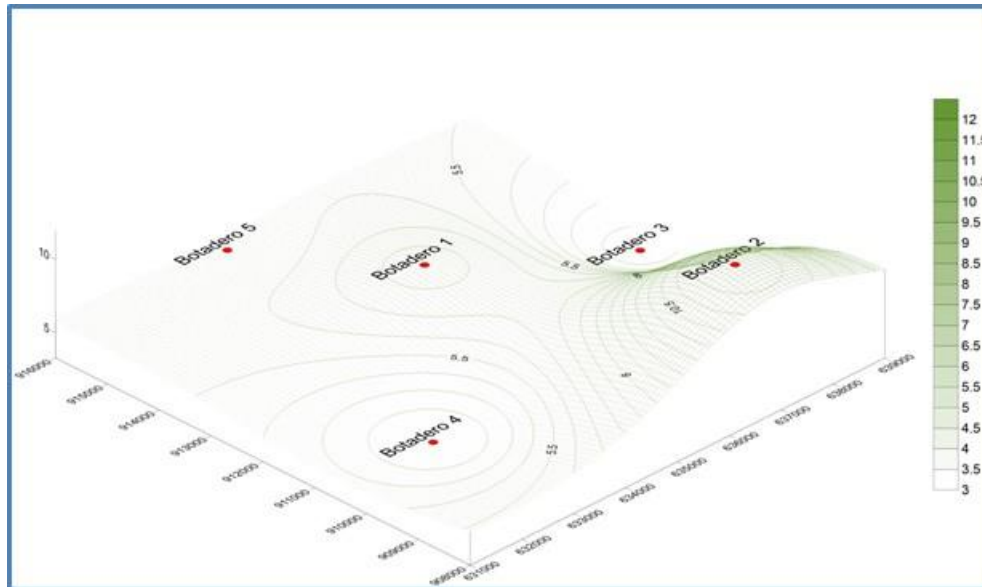


Figura 4-89 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales antes del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014

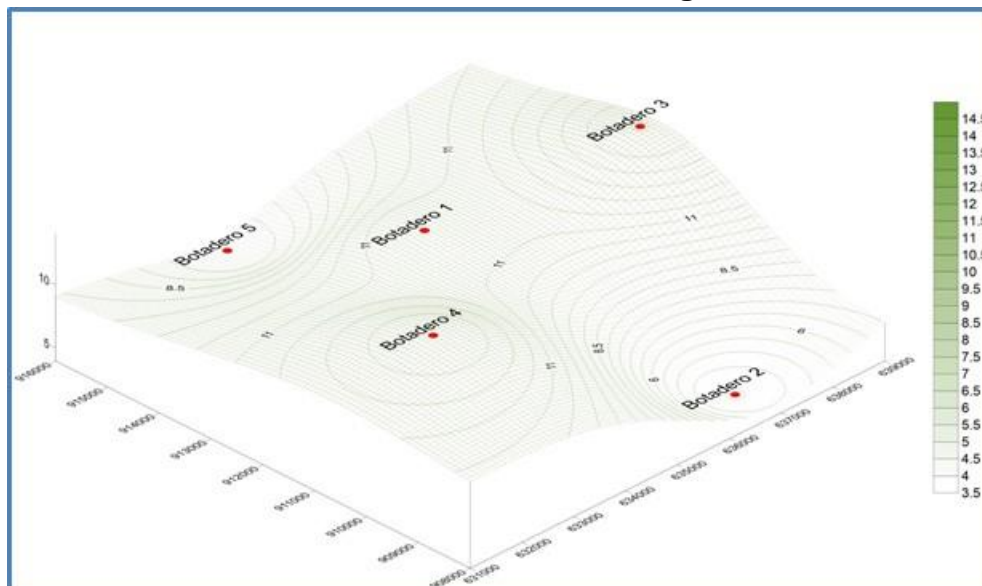
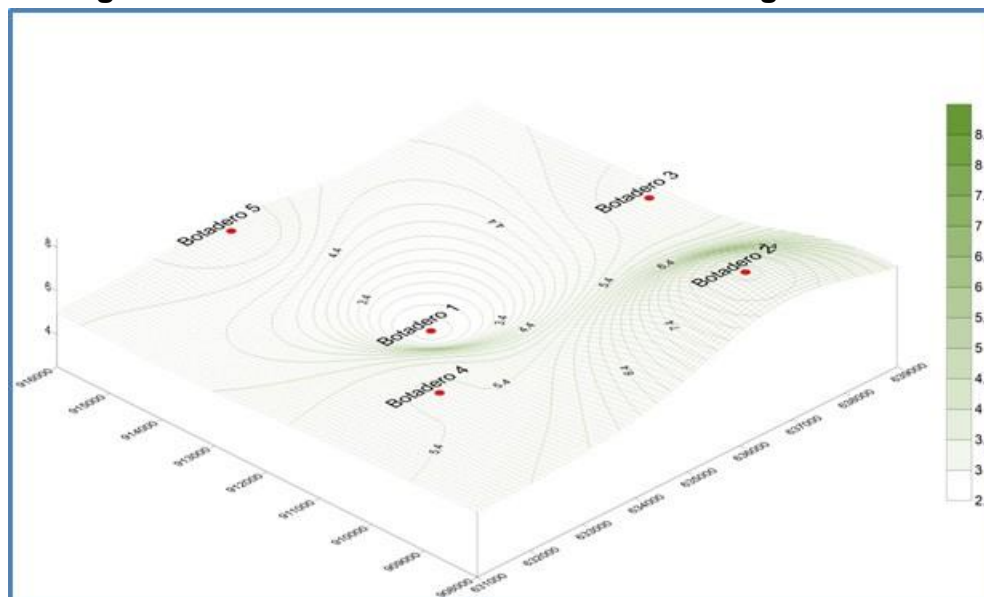


Figura 4-90 Tendencia de las concentraciones de Coliformes Fecales después del dragado en la zona designada como botadero del material dragado - Monitoreo al 75% de la columna de agua año 2014



4.6.5 COMPARACIÓN MULTIANUAL COLIFORMES FECALES

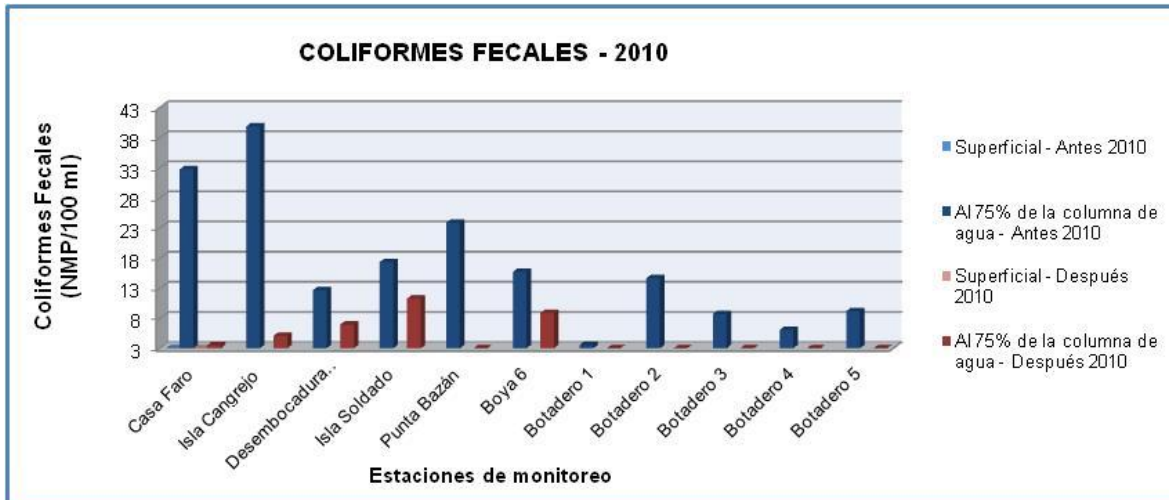
A continuación se presenta la comparación multianual del parámetro de coliformes fecales en los monitoreos localizados a nivel superficial y con profundidad correspondiente a 75% y su promedio anual. Se observa en todos los años a excepción del año 2011 una disminución en la concentración de coliformes fecales posterior a las actividades de dragado. Se presenta valores menores en los años 2010 y 2012 y una aumento en la concentración de coliformes fecales para el año 2011 pasada la actividad de dragado con la muestra tomada al 75% de la columna de agua.

Tabla 4.75 Comparación Multianual Coliformes Fecales antes y después.

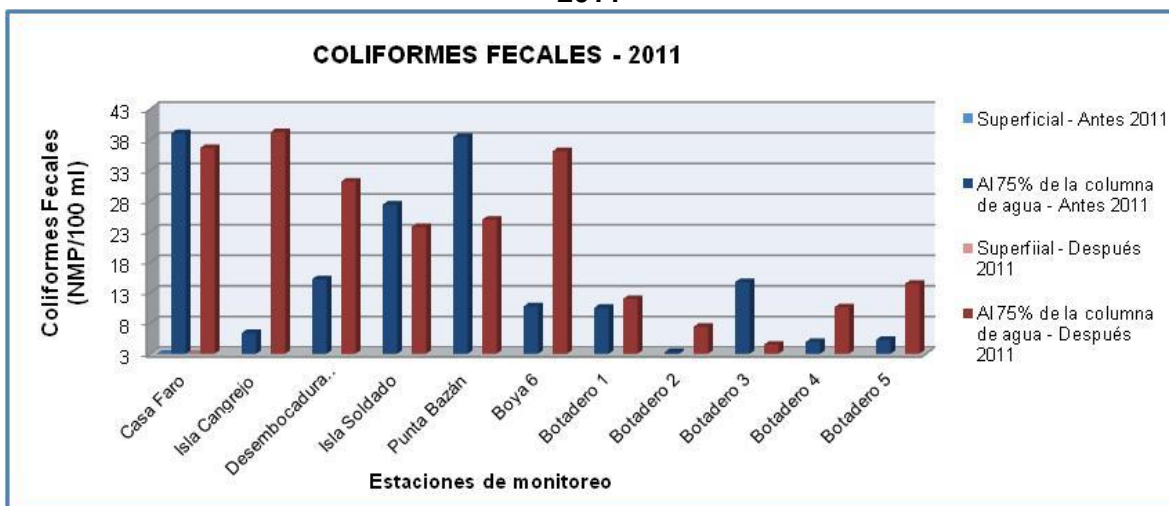
Coliformes Fecales				
ESTACIONES	2010	2011	2012	2014
PROFUNDIDAD	PROMEDIO ANTES			
Superficial	19,4	17,2	11,5	16,5
al 75%	16,7	16,0	12,7	14,2
Promedio	18,0	16,6	12,1	15,4
PROFUNDIDAD	PROMEDIO DESPUES			
Superficial	3,9	18,4	4,0	7,1
al 75%	4,5	21,9	3,5	7,6

Promedio	4,2	20,1	3,8	7,3
----------	-----	------	-----	-----

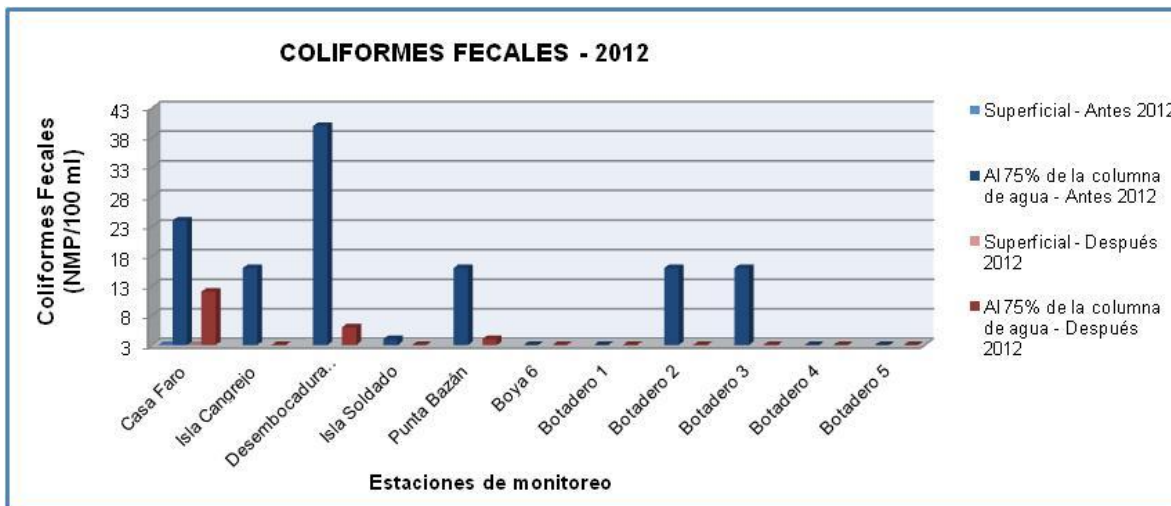
Gráfica 4-66 Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2010



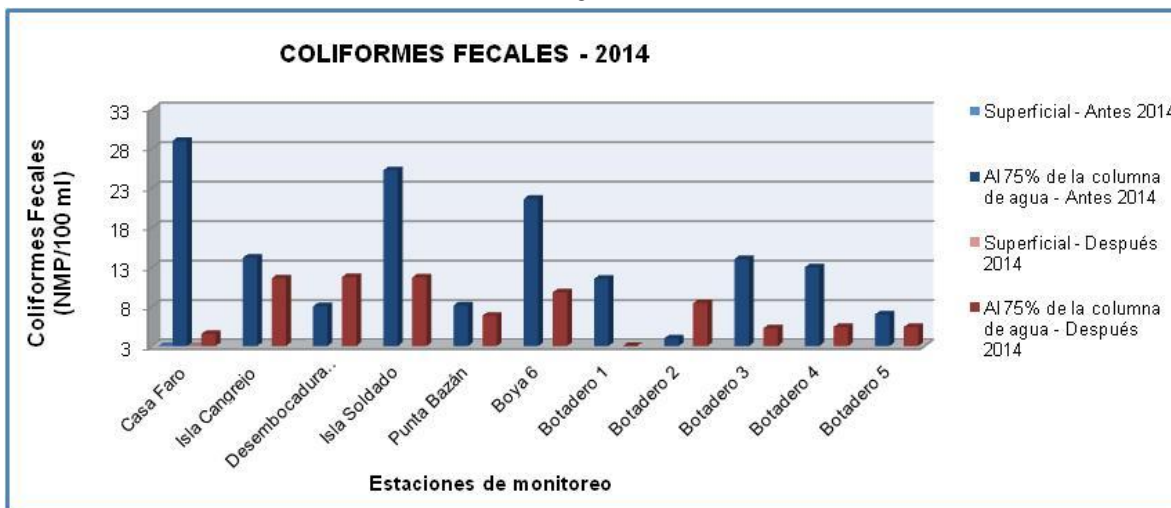
Gráfica 4-67 Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2011



Gráfica 4-68 Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2012



Gráfica 4-69 Niveles de Coliformes Fecales Antes y Después del dragado – año 2014



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las operaciones de dragado y descarga del material dragado tienen el potencial de generar impactos negativos sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas. De acuerdo a los resultados obtenidos a lo largo de todo el estudio, se encontró que la actividad de dragado:

- En cuanto a las mediciones de pH, si bien en los años 2010 y 2014 se encontraron diferencias significativas en los niveles de pH medidos antes y después de las actividades de dragado, estas registraron valores dentro del rango permisible (norma mínima y máxima 6.5 y 8.5 unidades respectivamente), establecida en el 79 del Decreto 3930/2010 – “de los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas”.
- En cuando a las concentraciones de oxígeno disuelto, en cada año analizado se dan condiciones de equilibrio cumpliendo con la norma mínima de 4.0 mg/L, establecida en el artículo 79 del Decreto 3930/2010 – “de los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas”.
- Los resultados de coliformes totales y fecales se calificaron de acuerdo al Decreto 3930 de 2010, artículo 42 –“destino del recurso para fines recreativos mediante el contacto primario”. En lo que respecta a coliformes totales, las estaciones presentaron registros altos en las zonas de desembocadura de los ríos (estaciones: Isla Cangrejo, Casa Faro, Desembocadura del río Potedó e Isla Soldado) la normatividad nacional fija

como límite permisible para este parámetro una concentración de 1000 microorganismos/100mL, sin embargo no se sobrepasó dicho límite.

- En cuanto a coliformes fecales, las concentraciones fueron mayores en las estaciones: Isla Cangrejo, Casa Faro, Desembocadura del río Potedó e Isla Soldado, sin embargo, las concentraciones de coliformes fecales no sobrepasaron la normativa nacional establecida en el artículo 42 del Decreto 1594/84 el cual fija como límite máximo una concentración de 200 microorganismos/100mL.
- En el análisis multianual para el parámetro de sólidos suspendidos se observa un aumento de los niveles con relación a los valores presentados para antes de la realización de las actividades de dragado. Además se muestra una disminución representativa de los SST en las muestras tomadas a partir del año 2012.

Se debe tener en cuenta que a nivel nacional no existe una norma vigente aplicable que regule los criterios de calidad admisibles de turbiedad del agua y de concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST) que permitan la preservación de flora y fauna en aguas marinas o estuarinas.

Las actividades de dragado en todos los parámetros no provocó efectos negativos, al observarse que parámetro como coliformes totales y coliformes fecales disminuyeron sus concentraciones a causa del dragado. Incluso después del dragado estas concentraciones se hallaban por debajo de las monitoreadas antes del dragado.

Se deberían plantear medidas de control y seguimiento en las que se pueda procurar la disminución anual de los parámetros que corresponden a contaminantes.

Ya que no existe normatividad que controle o señale los niveles de turbiedad sería importante que las autoridades ambientales se refirieran con respecto a este tema, indicando niveles y medidas de control.

Se debería plantear una revisión en cuanto a la rigurosidad de los parámetros mínimos y máximos establecidos por la norma y la relación de estos con la afectación y resistencia de los ecosistemas actualmente.

Si bien es cierto de acuerdo al análisis y las comparaciones realizadas en el presente estudio no se presenta afectación al ambiente natural de la zona de dragado se debería revisar las afectaciones a largo plazo y en relación a las condiciones iniciales de la calidad del agua en la zona.

6 Bibliografía

- AGENCIA NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. ANLA. (2012). *Definición e Identificación del área de Influencia*. Bogotá: ANLA.
- Ambiotec. (2012). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL - PMA*.
- Blaxter, L. H. (2000). *Como se hace una investigación*. Barcelona: Gedisa.
- Cea D´Ancona, M. A. (1998). *Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación*. Madrid: Síntesis.
- CEMENTOS ARGOS S.A. (2012). *Programa de trabajos y obras – PTO. Licencias de explotación 3799*. Medellín: Cementos Argos.
- CEMENTOS DEL CARIBE S.A. (2009). *Cartografía Geológica de Superficie del Yacimiento de Mármol de Ciénaga, Informe Interno*. Análisis geotécnicos del Título Minero 3799. Ciénaga Magdalena. Informe final, Barranquilla.
- CLAVIJO, T. J., GARNICA, M. A., & ROYERO, J. M. (2002). *Geología del departamento de Magdalena. Escala 1:300.000*. Bogotá: Ingeominas.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). *Metodología general para la presentación de estudios ambientales / Zapata P., Diana M., Londoño B Carlos A et ál. (Eds.) González H Claudia V.; Idárraga A Jorge.; Poveda G Amanda*. 2012.
- Cormacarena. (2004). *Estudio De Impacto Ambiental Actividad De Mantenimiento Y Relimpia Del Canal Navegable Del Río Magdalena En Los Sectores: Puerto Salgar – Barranquilla, Canal De Acceso Y Canal Del Dique*. Cormacarena.
- CRUZ, J. P. (1987). *Buenaventura La Ciudad del Pacífico* (Tercera ed.). Cali - Colombia: Litoalpes.
- Gallardo, R. C. (2003). *Estudio De Impacto Ambiental Para El Dragado En El Estero Jelí*. Tumbes: Gobierno Provincial Autónomo del el Oro.
- Gil, V. D. (2015). *Dragado Ambiental de los Sedimentos de la Ría de O Burgo. A Coruña. España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- Goyeneche, C. (s.f.). *Estudio de Impacto Ambiental Dragado Para la Extensión del Canal de Acceso Hasta Puerto Cuatrerros*. Buenos Aires: Provincia de Buenos Aires. Serman & Asociados Consultora.
- Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2012). *Descripción Técnica del Proyecto*. INVIAS.
- Landaeta, C. J. (s.f.). *Potenciales Impactos Ambientales Generados por el Dragado y la Descarga del Material Dragado*. Caracas: Instituto Nacional de Canalizaciones, Dirección de Proyectos de Investigación.
- Monje, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa guía didáctica*. Neiva.
- Pérez V., G. (Abril de 2007). Historia, geografía y puerto como determinantes de la situación social de Buenaventura. *Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) del Banco de la República*(91), 4-24.
- PROINSA LTDA. (2004-2005). *Estudio de impacto ambiental para el dragado de profundización a 12.5 metros del canal de acceso al puerto de Buenaventura*. Cali - Colombia.
- Sociedad Portuaria regional de Buenaventura S.A. -SPRBUN S.A.-. (2010-2015).
- Territorial, M. d. (1995). Resolución 1412.