

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“INDICENCIA DE LOS NUTRIENTES EN LA
EUTROFICACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR LAGO TITICA,
PUNO”**

**Presentada por:
SIXTO FELIPE MEZA ROJAS**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima - Perú

2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“INDICENCIA DE LOS NUTRIENTES EN LA
EUTROFICACIÓN DE LA BAHIA INTERIOR LAGO TITICA,
PUNO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

SIXTO FELIPE MEZA ROJAS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Lic. Rer. Reg. Víctor Aguilar Vidangos
PRESIDENTE

Dra. Rosmary Vela Cardich
PATROCINADOR

Dr. Victor Miyashiro Kiyam
MIEMBRO

Mg. Sc. Ever Menacho Casimiro
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi padre, a quien no conocí

A mi madre, a quien no olvidaré

A Flor, Francisco, Antonio y Luis.

Que es lo que ha sido, lo mismo que es,
Que es lo que será, lo mismo que ha sido,
en conclusión nada hay nuevo bajo el sol.

Eclesiastés 1.9

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente por el apoyo incondicional que me brindaron para culminar este trabajo de investigación a mis colegas y amigos.

Agradezco al patrocinador Dr. Victor Miyashiro Kiyán.
Expreso mi gratitud y reconocimiento a los miembros de jurado: Dra. Rosméry Vela,

Dr. Ever Menacho Casimino y Arq. Víctor Aguilar Vidangos

A mis colegas Sonia y Edith, por su valioso apoyo intelectual.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de la Zona de estudio	3
2.2 Eutroficación	4
2.3 Nutriente Limitante	5
2.4 Efectos de la Eutroficación	6
2.5 Nutrientes Básicos	7
2.6 Procedencia de los Nutrientes	9
2.7 Indicadores de Eutroficación	9
2.8 Relación Nitrógeno/Fósforo (N/P)	10
2.9 Fuentes de Nutrición	11
2.10 Desarrollo de Modelos Matemáticos Simplificados	12
2.11 Modelo Preliminar de Clorofila “a”	14
2.12 Clasificación de los Cuerpos de Agua y Niveles de Eutroficación	14
2.13 Calidad de Agua para Evaluar la Eutroficación	15
2.14 Vegetación en la Bahía Interior del Lago	16
2.15 Clorofila “a”	19
2.16 Antecedentes	19

III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Materiales	21
3.2 Equipos	21
3.3 Reactivos	22
3.4 Métodos	23
3.4.1 Estaciones de Muestreo	23
3.4.2 Frecuencia de Monitoreo	24
3.4.3 Recipientes para las Muestras	25
3.5 Metodología para la Determinación de los Parámetros Físicos y Químicos.	25
3.5.1. Concentración de Nutrientes	25
A. Fósforo Total	
B. Nitrógeno Total	
3.5.2. Determinación de Parámetros Físicos	27
A. Temperatura	
B. pH	
C. Conductividad	
D. Turbidez	
3.5.3. Determinación de Parámetros Químicos	28
A. Oxígeno Disuelto	
B. Demanda Bioquímica de Oxígeno	
3.6. Técnicas para la Evaluación de los Datos	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES	30
4.1.1. FÓSFORO TOTAL (PT)	30
A. Línea Norte	30
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle PTAR Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	32
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	

d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	37
a. Efluente PTAR - Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.1.2. NITRÓGENO TOTAL (NT)	41
A. Línea Norte	41
a. Entorno a la Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	43
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	
d. Tercera Boya	
e. Muelle Puno	
C. Línea Sur	48
a. Efluente PTAR-Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.2. PARÁMETROS FÍSICOS	52
4.2.1. TEMPERATURA	52
A. Línea Norte	52
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	55
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	

d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	59
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.2.2. pH	62
A. Línea Norte	62
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	64
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	
d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	68
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Muelle Espinar.	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.2.3. S.T.D (mg/L)	71
A. Línea Norte	71
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	73
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	

d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	78
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.2.4. CONDUCTIVIDAD	81
A. Línea Norte	81
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	84
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	
d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	88
a. Efluente PTAR-Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.2.5. TURBIDEZ	90
A. Línea Norte	90
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	92
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	

d. Faro antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	96
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.3. PARÁMETROS QUÍMICOS	99
4.3.1. OXÍGENO DISUELTO (OD)	99
A. Línea Norte	100
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	102
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	
c. Primera Boya	
d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
f. Muelle Puno	
C. Línea Sur	107
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Muelle Espinar	
c. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
4.3.2. DBO ₅	109
A. Línea Norte	109
a. Entorno a Residencia de la UNA	
b. Muelle Isla Esteves	
c. Isla Blanca	
B. Línea Centro	111
a. Faro	
b. Captación de Agua Potable	

c. Primera Boya	
d. Faro Antiguo	
e. Tercera Boya	
C. Línea Sur	116
a. Efluente PTAR- Espinar	
b. Terminal Terrestre	
DISCUSIÓN	
V. CONCLUSIONES	120
VI. RECOMENDACIONES	124
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
VIII. ANEXOS	129

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Ubicación de las líneas de monitoreo	24
Cuadro 2	Frecuencia de monitoreo	24
Cuadro 3	Fósforo Total (PT), Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007	30
Cuadro 4	Fósforo Total (PT), Línea Norte, Muelle Isla Esteves PTAR 2007	31
Cuadro 5	Fósforo Total (PT). Línea Norte, Isla Blanca 2007	32
Cuadro 6	Fósforo total (PT), Línea Centro Faro 2007	33
Cuadro 7	Fósforo total (PT), Línea Centro Captación Agua Potable 2007	33
Cuadro 8	Fósforo total (PT), Línea Centro Primera Boya. 2007	34
Cuadro 9	Fósforo total (PT), Línea Centro Faro Antiguo 2007	35
Cuadro 10	Fósforo total (PT), Línea Centro Tercera Boya 2007	36
Cuadro 11	Fósforo total (PT), Línea Centro Muelle Puno. 2007	36
Cuadro 12	Fósforo total (PT), Línea Sur Efluente Espinar 2007	37
Cuadro 13	Fósforo total (PT), Línea Sur Muelle Espinar 2007	38
Cuadro 14	Fósforo total (PT), Línea Sur Terminal Terrestre 2007	39
Cuadro 15	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Entorno a la Residencia de la UNA 2007	41
Cuadro 16	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Muelle Isla Esteves 2007	42
Cuadro 17	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Isla Blanca 2007	43
Cuadro 18	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Faro 2007	43
Cuadro 19	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Captación del agua 2007	44
Cuadro 20	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Primera Boya 2007	45
Cuadro 21	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Faro Antiguo 2007	46
Cuadro 22	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Tercera Boya 2007	46
Cuadro 23	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Muelle Puno 2007	47
Cuadro 24	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Efluente Espinar 2007	48
Cuadro 25	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007	49
Cuadro 26	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007	50
Cuadro 27	Temperatura Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA2007	52
Cuadro 28	Temperatura Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	53

Cuadro 29	Temperatura Línea Norte, Isla Blanca 2007	54
Cuadro 30	Temperatura, Línea Centro Faro 2007	55
Cuadro 31	Temperatura Línea Centro Captación de Agua Potable2007	56
Cuadro 32	Temperatura, Línea Centro Primera Boya 2007	56
Cuadro 33	Temperatura, Línea Centro Faro Antiguo2007	57
Cuadro 34	Temperatura Línea Centro Tercera Boya 2007	58
Cuadro 35	Temperatura, Línea Centro, Muelle Puno 2007	59
Cuadro 36	Temperatura Línea Sur, Efluente Espinar 2007	59
Cuadro 37	Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007	60
Cuadro 38	Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007	61
Cuadro 39	pH. Línea Norte, Entorno a la residencia de la UNA 2007	62
Cuadro 40	pH. Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	63
Cuadro 41	pH. Línea Norte, Muelle Isla Blanca 2007	63
Cuadro 42	pH. Línea Centro, Faro 2007	64
Cuadro 43	pH. Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007	65
Cuadro 44	pH. Línea Centro, Primera Boya2007	65
Cuadro 45	pH. Línea Centro, Faro Antiguo.2007	66
Cuadro 46	pH. Línea Centro, Tercera boya. 2007	67
Cuadro 47	pH. Línea Centro. Muelle Puno. 2007	68
Cuadro 48	pH. Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	68
Cuadro 49	pH. Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	69
Cuadro 50	pH. Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	70
Cuadro 51	S.T.D. Línea Norte. Entorno a la Residencia de la UNA. 2007	71
Cuadro 52	S.T.D. Línea Norte. Muelle Isla Esteves.2007	72
Cuadro 53	S.T.D. Línea Norte. Isla Blanca. 2007	73
Cuadro 54	S.T.D. Línea Centro. Faro. 2007	73
Cuadro 55	S.T.D.(mg/L). Línea Centro. Captación de Agua Potable 2007	74
Cuadro 56	S.T.D. (mg/L).Línea Centro. Primera Boya 2007	75
Cuadro 57	S.T.D. (mg/L).Línea Centro. Faro Antiguo 2007	76
Cuadro 58	S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	77

Cuadro 59	S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	78
Cuadro 60	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	79
Cuadro 61	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	79
Cuadro 62	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Terminal Espinar. 2007	80
Cuadro 63	Conductividad. Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA	81
Cuadro 64	Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	82
Cuadro 65	Conductividad (mS/cm). Línea Norte. Isla Blanca. 2007	83
Cuadro 66	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro. 2007	84
Cuadro 67	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Captación de Agua Potable 2007	84
Cuadro 68	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Primera Boya. 2007	85
Cuadro 69	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007	86
Cuadro 70	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	86
Cuadro 71	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	87
Cuadro 72	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	88
Cuadro 73	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	88
Cuadro 74	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	89
Cuadro 75	Turbidez (NTU). Línea Norte. Entorno residencia de la UNA.	90
Cuadro 76	Turbidez (NTU). Línea Norte. Muelle Isla Esteves. 2007	91
Cuadro 77	Turbidez (NTU). Línea Norte. Isla Blanca. 2007	92
Cuadro 78	Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro. 2007	92
Cuadro 79	Turbidez (NTU). Línea Centro. Captación de Agua Potable. 2007	93
Cuadro 80	Turbidez (NTU). Línea Centro. Primera Boya Potable. 2007	94
Cuadro 81	Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007	94
Cuadro 82	Turbidez (NTU). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	95
Cuadro 83	Turbidez (NTU). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	96
Cuadro 84	Turbidez (NTU). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	97
Cuadro 85	Turbidez (NTU). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	97
Cuadro 86	Turbidez (NTU). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	98
Cuadro 87	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA2007	100
Cuadro 88	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Muelle isla Esteves 2007	101

Cuadro 89	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Isla Blanca 2007	101
Cuadro 90	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro 2007	102
Cuadro 91	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007	103
Cuadro 92	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Primera Boya 2007	104
Cuadro 93	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro Antiguo. 2007	105
Cuadro 94	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Tercera Boya. 2007	105
Cuadro 95	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Muelle Puno. 2007	106
Cuadro 96	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Efluente Espinar. 2007	107
Cuadro 97	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Muelle Espinar. 2007	107
Cuadro 98	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA. 2007	109
Cuadro 99	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Muelle Isla Esteves. 2007	110
Cuadro 100	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Isla Blanca. 2007	111
Cuadro 101	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Faro. 2007	112
Cuadro 102	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Captación de Agua Potable. 2007	112
Cuadro 103	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Primera Boya. 2007	113
Cuadro 104	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Faro Antiguo. 2007	114
Cuadro 105	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007	115
Cuadro 106	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Muelle Puno. 2007	116
Cuadro 107	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Efluente Espinar. 2007	116
Cuadro 108	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Muelle Espinar. 2007	117
Cuadro 109	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Terminal Terrestre. 2007	118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Fósforo Total (PT), Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007	30
Gráfico 2	Fósforo Total (PT), Línea Norte, Muelle Isla Esteves PTAR 2007	31
Gráfico 3	Fósforo Total (PT), Línea Norte, Isla Blanca 2007	32
Gráfico 4	Fósforo Total (PT), Línea Centro Faro 2007	33
Gráfico 5	Fósforo Total (PT), Línea Centro Captación Agua Potable 2007	34
Gráfico 6	Fósforo Total (PT), Línea Centro Primera Boya. 2007	35
Gráfico 7	Fósforo Total (PT), Línea Centro Faro Antiguo 2007	35
Gráfico 8	Fósforo Total (PT), Línea Centro Tercera Boya 2007	36
Gráfico 9	Fósforo Total (PT), Línea Centro Muelle Puno. 2007	37
Gráfico 10	Fósforo Total (PT), Línea Sur Efluente Espinar 2007	38
Gráfico 11	Fósforo Total (PT), Línea Sur Muelle Espinar 2007	39
Gráfico 12	Fósforo Total (PT), Línea Sur Terminal Terrestre 2007	40
Gráfico 13	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Entorno a la Residencia de la UNA 2007	41
Gráfico 14	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Muelle Isla Esteves 2007	42
Gráfico 15	Nitrógeno Total (NT), Línea Norte Isla Blanca 2007	43
Gráfico 16	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Faro 2007	44
Gráfico 17	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Captación del agua 2007	44
Gráfico 18	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Primera Boya 2007	45
Gráfico 19	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Faro Antiguo 2007	46
Gráfico 20	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Tercera Boya 2007	47
Gráfico 21	Nitrógeno Total (NT), Línea Centro Muelle Puno 2007	48
Gráfico 22	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Efluente Espinar 2007	49
Gráfico 23	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007	50
Gráfico 24	Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007	50
Gráfico 25	Temperatura Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA2007	53
Gráfico 26	Temperatura Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	54
Gráfico 27	Temperatura Línea Norte, Isla Blanca 2007	54
Gráfico 28	Temperatura, Línea Centro Faro 2007	55
Gráfico 29	Temperatura Línea Centro Captación de Agua Potable2007	56
Gráfico 30	Temperatura, Línea Centro Primera Boya 2007	57

Grafico 31	Temperatura, Línea Centro Faro Antiguo2007	57
Gráfico 32	Temperatura Línea Centro Tercera Boya 2007	58
Gráfico 33	Temperatura, Línea Centro, Muelle Puno 2007	59
Gráfico 34	Temperatura Línea Sur, Efluente Espinar 2007	60
Gráfico 35	Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007	60
Gráfico 36	Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007	61
Gráfico 37	pH. Línea Norte, Entorno a la residencia de la UNA 2007	62
Gráfico 38	pH. Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	63
Gráfico 39	pH. Línea Norte, Muelle Isla Blanca 2007	64
Gráfico 40	pH. Línea Centro, Faro 2007	64
Gráfico 41	pH. Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007	65
Gráfico 42	pH. Línea Centro, Primera Boya2007	66
Gráfico 43	pH. Línea Centro, Faro Antiguo.2007	66
Gráfico 44	pH. Línea Centro, Tercera boya. 2007	67
Gráfico 45	pH. Línea Centro. Muelle Puno. 2007	68
Gráfico 46	pH. Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	69
Gráfico 47	pH. Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	69
Gráfico 48	pH. Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	70
Gráfico 49	S.T.D. Línea Norte. Entorno a la Residencia de la UNA. 2007	71
Gráfico 50	S.T.D. Línea Norte. Muelle Isla Esteves.2007	72
Gráfico 51	S.T.D. Línea Norte. Isla Blanca. 2007	73
Gráfico 52	S.T.D. Línea Centro. Faro. 2007	74
Gráfico 53	S.T.D.(mg/L). Línea Centro. Captación de Agua Potable 2007	75
Gráfico 54	S.T.D. (mg/L).Línea Centro. Primera Boya 2007	76
Gráfico 55	S.T.D. (mg/L).Línea Centro. Faro Antiguo 2007	76
Gráfico 56	S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	77
Gráfico 57	S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	78
Gráfico 58	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	79
Gráfico 59	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	80
Gráfico 60	S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Terminal Espinar. 2007	80
Gráfico 61	Conductividad. Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA	82
Gráfico 62	Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007	83

Gráfico 63	Conductividad (mS/cm). Línea Norte. Isla Blanca. 2007	83
Gráfico 64	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro. 2007	84
Gráfico 65	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Captación de Agua Potable 2007	85
Gráfico 66	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Primera Boya. 2007	85
Gráfico 67	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007	86
Gráfico 68	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	87
Gráfico 69	Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	87
Gráfico 70	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	88
Gráfico 71	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	89
Gráfico 72	Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	89
Gráfico 73	Turbidez (NTU). Línea Norte. Entorno residencia de la UNA.	90
Gráfico 74	Turbidez (NTU). Línea Norte. Muelle Isla Esteves. 2007	91
Gráfico 75	Turbidez (NTU). Línea Norte. Isla Blanca. 2007	92
Gráfico 76	Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro. 2007	93
Gráfico 77	Turbidez (NTU). Línea Centro. Captación de Agua Potable. 2007	93
Gráfico 78	Turbidez (NTU). Línea Centro. Primera Boya 2007	94
Gráfico 79	Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007	95
Gráfico 80	Turbidez (NTU). Línea Centro. Tercera Boya. 2007	95
Gráfico 81	Turbidez (NTU). Línea Centro. Muelle Puno. 2007	96
Gráfico 82	Turbidez (NTU). Línea Sur. Efluente Espinar. 2007	97
Gráfico 83	Turbidez (NTU). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007	98
Gráfico 84	Turbidez (NTU). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007	98
Gráfico 85	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA2007	100
Gráfico 86	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Muelle isla Esteves 2007	101
Gráfico 87	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Isla Blanca 2007	102
Gráfico 88	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro 2007	103
Gráfico 89	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007	103
Gráfico 90	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Primera Boya 2007	104
Gráfico 91	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro Antiguo. 2007	105
Gráfico 92	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Tercera Boya. 2007	106
Gráfico 93	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Muelle Puno. 2007	106
Gráfico 94	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Efluente Espinar. 2007	107

Gráfico 95	Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Muelle Espinar. 2007	108
Gráfico 96	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA. 2007	110
Gráfico 97	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Muelle Isla Esteves. 2007	110
Gráfico 98	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte, Isla Blanca. 2007	111
Gráfico 99	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte , Faro. 2007	112
Gráfico 100	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte , Captación de Agua Potable. 2007	113
Gráfico 101	DBO ₅ (mg/L). Línea Norte , Primera Boya. 2007	114
Gráfico 102	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Faro Antiguo. 2007	114
Gráfico 103	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007	115
Gráfico 104	DBO ₅ (mg/L). Línea Centro, Muelle Puno. 2007	116
Gráfico 105	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Efluente Espinar. 2007	117
Gráfico 106	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Muelle Espinar. 2007	117
Gráfico 107	DBO ₅ (mg/L). Línea Sur, Terminal Terrestre. 2007	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación Geográfica de la Zona en Estudio.	4
Figura 2	Relación Nitrógeno/Fósforo.	5
Figura 3	Distribución de probabilidades del nivel trófico	14
Figura 4	Lemna Extraída de la Bahía Interior.	17
Figura 5	Vista de Detalle de la Planta Lemna.	18
Figura 6	Vista de la Descarga de Efluentes de PTAR Espinar.	18

RESÚMEN

El presente trabajo de investigación se ha realizado con el objetivo de determinar la incidencia de la presencia de los nutrientes Nitrógeno y Fósforo en la eutroficación de la Bahía Interior del Lago Titicaca, a partir del procesamiento de la información obtenida del Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT).

Se realizó el monitoreo en tres líneas: Línea Norte (Frente a residencia Universitaria; Muelle Isla Esteves, Isla Blanca). Línea Centro (Tercera Boya Muelle Puno, Faro, Captación de Agua Potable). Línea Sur (Efluente PTAR, Muelle Espinar, Terminal Terrestre), tomando muestras en superficie y en profundidad, en las que se analizó la concentración de nutrientes: Fósforo y Nitrógeno Total; parámetros químicos: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y parámetros Físicos: Temperatura T°C, pH, sólidos totales disueltos (STD), Conductividad, Turbidez. El periodo de monitoreo comprende desde el mes de Febrero a Diciembre del 2007, seleccionado así ante la discontinuidad de la información disponible.

Como resultado, se encontró que la Bahía Interior del Lago Titicaca presenta altos niveles de eutroficación por la presencia de Nitrógeno con mayor énfasis en la estación de verano (6,2 mg/L) e invierno (5,63 mg/L) respectivamente y Fósforo (0,76 mg/L y 0,95 mg/L), la mayor presencia de dichos nutrientes se encuentra en la ribera y conforme se avanza de la orilla hacia el interior del lago, estos valores disminuyen progresivamente. Se llega así a la conclusión que el nitrógeno es un claro indicador de la presencia de materia orgánica, comportamiento concordante con la presencia del fósforo, de la DBO₅, la correlación con el OD, y los parámetros físicos analizados. Así también, la disminución del OD corrobora la presencia de materia orgánica y su correspondiente degradación en proceso aerobio hasta el agotamiento del oxígeno y la prevalencia del proceso anaerobio.

Palabras Clave: Eutroficación, Nutrientes, Nitrógeno y Fósforo, Lago Titicaca

“NUTRIENTS INCIDENCE IN THE EUTROFICATION OF THE INTERIOR BAY LAKE TITICACA, PUNO”

ABSTRACT

The present research work has been made for the sake of determining the incidence of the presence of the nutrients Nitrogen and Phosphorus in the eutrofication of the Interior Bay of the Lake Titicaca, as from the information processing obtained of the Special Project Lago Titicaca (PELT).

The monitoring was made in three lines: Line North, Center and Sur in surface and depth, the one in which the concentration of nutrients like Phosphorus and Total Nitrogen, were analized, also the chemical parameters: Dissolved Oxígeno (OD), Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) and Physical parameters, Conductivity, Turbidity, Temperature °C, pH, total dissolved solids (STD).

As a result, it was found that the Lake Titicaca's Interior Bay presents high level of eutrofication for the nitrogenous presence with bigger emphasis in summer season (6.2 mg L) and winter (5.63 mg L) respectively and Fósforo (0.76 mg L and 0.95 mg L), the bigger presence of the aforementioned nutrients is found in the bank and conform one advances of the side toward the inside of the lake, these values diminish progressively. It arrive to the conclusion that nitrogen is a clear indicator of the presence of organic matter, agreeing behavior with the presence of phosphorus, the BOD₅, the correlation with the OD, and the physical analyzed parameters. That way also, the OD decrease corroborates the presence of organic matter anit ad its correspondent degradation in aerobic process until the exhaustion of oxygen and the prevalence of the anaerobic process.

Key words: Eutrofication, Nutrients, Nitrogen and Match, Lake Titicaca

I. INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca situado a una altura de 3830 msnm, es el más alto lago navegable del mundo y es reconocido por el alto valor de su patrimonio arqueológico, antropológico, su extraordinaria belleza de paisaje y su singular fauna acuática.

La Bahía Interior, alrededor de la cual se ha desarrollado la ciudad de Puno que actualmente alberga a más de 180,000 habitantes, ha sufrido un proceso histórico de contaminación antropogénica que ha causado el deterioro progresivo del ecosistema acuático generado por la producción acelerada de *lemna* o lenteja de agua que ha llegado a cubrir la superficie del agua en determinados momentos con un manto de hasta 5 cm de espesor, biomasa que al completar su ciclo de vida, su descomposición final mediante el proceso anaeróbico produce olores fétidos.

Las actividades humanas en la cuenca del lago han acelerado los aportes y acumulación de nutrientes, lo que ha causado un desequilibrio en el crecimiento natural del fitoplancton, siendo el Nitrógeno(N) y el Fósforo (P), los principales nutrientes implicados en la eutrofización cultural o acelerada ya que aumentan la actividad biológica especialmente la de bacterias y plantas, lo que ocasiona cambios en la química del agua, en el oxígeno disuelto, en el pH y en las complejas interacciones de equilibrio entre el dióxido de carbono libre disuelto, el ácido carbónico, los bicarbonatos y los carbonatos.

El presente trabajo de investigación, ha permitido evaluar tentativamente concentraciones de nutrientes que caracterizan su grado de eutrofización, mediante análisis de la información disponible de la calidad de las aguas de la bahía interior, lo que permitiría inferir medidas que permitan controlar la calidad de este recurso, así como su afectación por actividades antrópicas, su capacidad para soportar acciones y estrategias de protección y a futuro plantear un balance preliminar de masa para los nutrientes en la Bahía Interior del Lago Titicaca y conocer su calidad ambiental, salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P- PO₄ y DBO₅, estableciendo comparaciones con otros sistemas Alto Andinos similares, a los que se les podría evaluar la calidad de sus aguas según una metodología

homogénea, lo que permitiría obtener información predictiva de comportamiento en lagos y embalses ubicados en similares latitudes y alturas sobre el nivel del mar.

Para el desarrollo del trabajo se planteó el siguiente problema de investigación. ¿Cuál es la incidencia de los nutrientes en la eutrofización de la Bahía Interior del Lago Titicaca? y responder a la siguiente hipótesis “Valores superiores a límites críticos de presencia de Nitrógeno y Fósforo han producido la eutrofización en la Bahía Interior del lago Titicaca”.

A tal fin se propuso los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar la incidencia de los nutrientes (Nitrógeno fosforo) en la eutrofización de la Bahía Interior del Lago Titicaca.

Objetivo Especifico

1. Evaluar y analizar los parámetros físicos del agua y la concentración de los nutrientes, de la Bahía Interior del Lago Titicaca.
2. Evaluar y analizar los parámetros químicos del agua y la concentración de los nutrientes, de la Bahía Interior del Lago Titicaca.
3. Proponer una metodología para identificar el posible rango umbral de nutrientes en el agua, según la distribución de probabilidades de Volenweider (Estándares para esos lugares).

II. REVISION DE LA LITERATURA

2.1 Descripción de la zona de estudio

La Bahía Interior del Lago Titicaca, pertenece a la Cuenca Perú-Bolivia del Altiplano Andino y a su alrededor se ha desarrollado la ciudad de Puno, latitud sur 15°50'20"; longitud oeste 70°01'43", altitud a 3810 msnm., sus ríos tributarios son el Ramis, Ilave, Coata, su principal efluente es el río Desaguadero, su volumen de agua es de 866 km³, cubre un área de 8560 km², con un largo de 194 km y 65 km de ancho, una profundidad máxima de agua de 280 m. y una notable transparencia de sus aguas que alcanzan una temperatura anual de 13 °C.

En la actualidad el agua de la Bahía Interior, está contaminada con materia orgánica, proveniente de las actividades de poblaciones urbanas que operan en la cuenca de drenaje. En la flora sobresale la totora, su fauna está conformada por aves como parihuanas, patos, huallatas, zambullidores entre otros; tiene alrededor de 36 islas siendo las más notables las islas flotantes de los Uros, Taquile y Amantani.

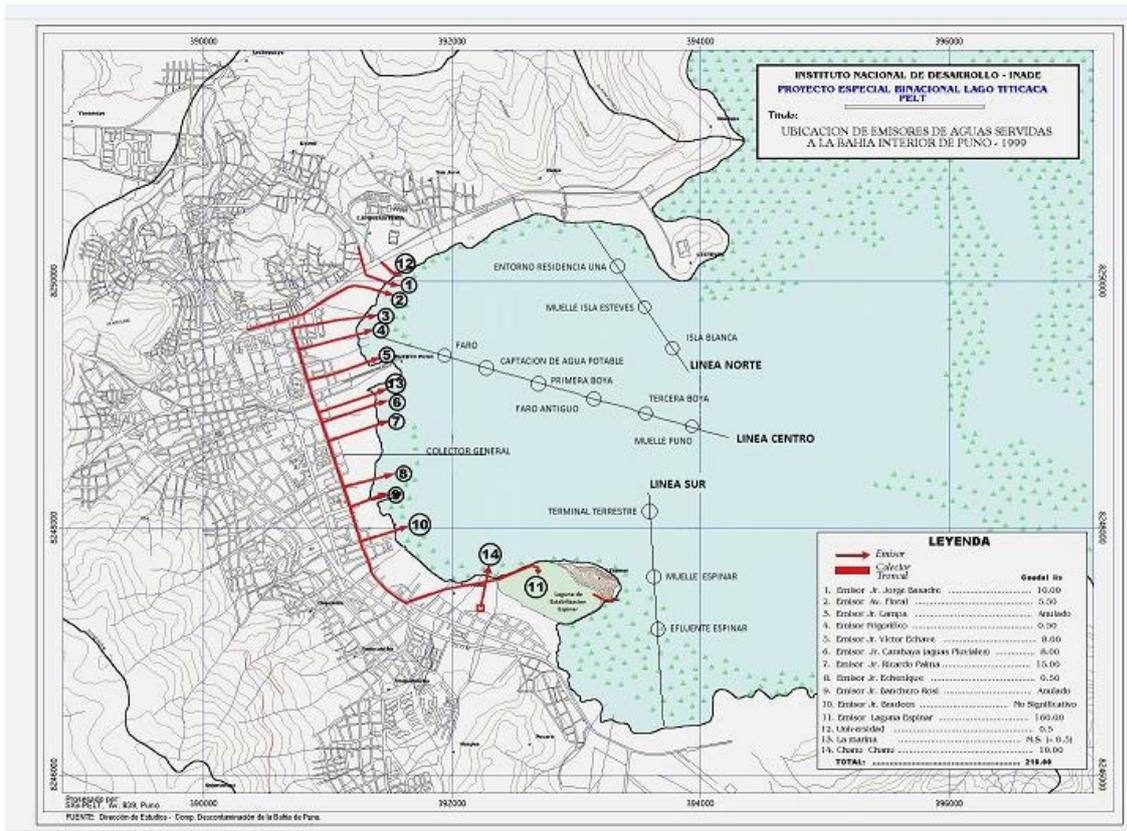


Figura 1: Ubicación Geográfica de la zona de estudio.
 Fuente: Proyecto Especial del Lago Titicaca Puno – PELT

2.2 Eutroficación

Según (Wetzel, 1975) la eutroficación proviene del griego “eutrofia” que significa buen estado de nutrición (con exceso de ciertos nutrientes básicos). Actualmente el término se aplica a fertilización excesiva, permanente y continua de un cuerpo de agua, de lo que puede resultar un desarrollo masivo e indeseado de plantas acuáticas tales como: microalgas y macrofitas. La eutroficación es más grave en el caso de lagos, embalses, lagunas naturales, pero también ocurre en el ambiente marino, en estuarios, así como en cursos de agua particularmente de pequeña velocidad.

Hay dos tipos de eutroficación a considerar: Eutroficación natural o secular, que ocurre muy lentamente, en función de factores naturales y la eutroficación cultural o acelerada, causada por las actividades humanas y se debe al lanzamiento de nutrientes en los cuerpos de agua.

La eutroficación, como fenómeno natural relacionado con el envejecimiento de los cuerpos de agua, tiene aparentemente poco interés en relación con el proceso acelerado

2.4. Efectos de la eutroficación

(Vollenweider, 1983) El crecimiento excesivo de plantas acuáticas causa el deterioro de la calidad del agua, generando problemas de olor y sabor, altera el color, incrementa la turbidez, reduce el oxígeno disuelto, modifica la composición de la biomasa y las condiciones de vida de los peces, provoca obstrucciones de canales y vías navegables pudiendo así mismo propiciar una mayor pérdida de agua, a través de la evapotranspiración.

Esos inconvenientes pueden alcanzar tal relevancia que llegan a dificultar y hasta impedir la utilización del agua para ciertos fines. Los usos más afectados por el fenómeno son: el abastecimiento público e industrial de agua potable, el paisaje, el turismo, la pesca de fauna nativa, así como la alimentación de centrales generadoras de electricidad. Además de esto, la presencia de ciertas algas tóxicas puede provocar la intoxicación de animales como es el caso del ganado.

Las consecuencias de la eutroficación calificadas como indeseables de modo general, pueden en ciertos casos ser benéficas. Las lagunas de estabilización por ejemplo; son cuerpos de agua altamente eutrofizados que brindan grandes beneficios. La eutroficación al contribuir con la multiplicación de algas reduce la supervivencia de bacterias patógenas.

Dentro de ciertos límites de equilibrio y en determinadas circunstancias, la eutroficación controlada puede contribuir a una mayor productividad de peces en la piscicultura. Mas debe mencionarse que la eutroficación planeada para obtener una mayor productividad no siempre ha dado buenos resultados. Como es de conocimiento general la eutroficación altera sustancialmente la composición del plancton y la población acuática estableciendo condiciones de equilibrio diversas, como la sustitución de especies.

Por otro lado la lucha contra la presencia de fósforo jamás puede asumir características radicales, ya que es sabido que ese elemento ejerce una función fundamental para garantizar la vida de nuestro planeta; basta considerar el papel de la adenosina trifosfato en la reserva de energía de la biosíntesis, además de la necesidad de los fosfatos para la construcción del ácido nucleico.

Los efectos negativos de la eutroficación más conocidos pueden ser resumidos de la siguiente forma:

- a. Desarrollo excesivo y perjudicial de plantas acuáticas; incluyendo florecimiento de algas, proliferación de macrofitas, etc.
- b. Alteraciones profundas de la biomasa, con sustitución de especies de peces y otros organismos;
- c. Descomposición de la materia orgánica al cierre de su ciclo vital, consumo y abatimiento del oxígeno disuelto y anoxia.
- d. Degradación de la calidad de agua con alteraciones de composición, color, turbidez, transparencia, etc.
- e. Desprendimiento de gases y producción de malos olores.
- f. Formación de depósitos bentales y reciclaje de nutrientes.
- g. Perjuicios considerables para el uso de agua en abastecimiento de consumo doméstico e industrial.
- h. Perjuicios para la irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico.
- i. Perjuicios diversos en la recreación, turismo y paisaje.
- j. Aumento de la evaporación.
- k. Incremento de obstáculos para el escurrimiento de las agua.
- l. Producción de sustancias tóxicas y perjuicios eventuales para el ganado.
- m. Condiciones propicias para la proliferación de mosquitos, larvas y otros vectores.

2.5 Nutrientes Básicos

Para tener una primera idea básica de la importancia relativa de los diversos elementos para el desenvolvimiento de las plantas acuáticas, se puede partir de la composición media del fitoplancton de agua dulce, según (Uhlmann *et al.*, 1980) es la siguiente:

$$C_{106}N_{16}P_1$$

De allí pueden ser inferidas las relaciones naturales entre el contenido de estos tres (3) elementos básicos; existe siempre uno que es crítico entre los nutrientes presentes y que de hecho limita la productividad de los lagos.

Las medidas de control deben dar mayor énfasis en la reducción de las concentraciones de ese nutriente crítico en relación a los demás.

En la mayoría de los casos el nutriente más relevante es el Fósforo. Además señalados como elementos más importantes, existen otras sustancias como el CO₂, Calcio y Potasio que pueden tanto estimular como inhibir la proliferación de vegetales.

Una lista más completa de estas sustancias comprende a los llamados macronutrientes como son: P, N, C, K, S, Na, Mg, y Hg y los micronutrientes que incluyen: Fe, Zn, Cu, Ba, Mo, Mn, Co, Na, Cl.

El fósforo y el nitrógeno siempre están presentes en los desagües domésticos.

Las aguas de escurrimiento superficial propias de zonas agrícolas, pueden presentar contenidos considerables de fósforo, caso similar al de los terrenos pobres en compuestos fosfóricos, debido al creciente uso de fertilizantes a base de superfosfatos. En muchos casos, el fósforo que proviene del uso de fertilizantes, es del tipo granular.

En la mayoría de los casos, el contenido del fósforo es el factor más importante y limitante de la evolución del medio acuático, razón por lo que especialistas (Vollenweider, 1968) han establecido criterios para reducir y limitar las cantidades de ese elemento que son descargadas a lagos:

$$L = L_0 + 0,01 \frac{Z}{T}$$

Donde:

L = Cantidad límite, g/m² por año.

L_0 = 0,10 - 0,15

Z = profundidad media, m

T = periodo de retención, año

Otra expresión más reciente es la siguiente:

$$C = 10(1+T)$$

C = concentración de fósforo, µg/L

T = periodo de retención, año.

(Schmidthe, 1974) a partir de observaciones prácticas, recomienda un límite para el fósforo de 15 µg/L, para evitar la aparición de problemas.

Trabajos más recientes sobre eutroficación, sobre todos los realizados por el grupo de trabajo, responsable de las estrategias de control de fósforo (Task Force Adressing

Phosphorus Management Strategiest), de la Comisión Mixta Internacional Canadá-Estados Unidos, revelaron que no es suficiente considerar la presencia del fósforo en términos globales, ya que es necesario efectuar trabajos para diferenciar el biofósforo biodisponible (BAP) del fósforo en forma no aprovechable.

En presencia de fósforo, el nitrógeno pasa a ser otro factor crítico y limitante del crecimiento vegetal. El nitrógeno es capaz de transformaciones rápidas y generalmente forma compuestos bastantes solubles y de fácil transporte o transferencia. La forma en que se encuentre el nitrógeno es muy importante, por cuanto el nitrógeno mineral al contrario del orgánico no causa grandes problemas.

La literatura técnica encuentra casos en que el carbono u otras sustancias han sido factores limitantes para el desarrollo de algas en varios lagos.

2.6 Procedencia de los Nutrientes

Según Grobler (1986) los nutrientes que son conducidos a los cuerpos de agua, conforme a su origen, pueden ser categorizados como en:

- a. Puntuales o concentrados
- b. Difusos o dispersos.

Los primeros se caracterizan por su lanzamiento en puntos fijos, tal es el caso de descargas de sistemas de desagües sanitarios, galerías de aguas pluviales, canales de evacuación de residuos industriales, etc.

Las contribuciones difusas son producidas por el escurrimiento superficial sobre áreas urbanas y rurales, incluyendo áreas agrícolas y de pastoreo. La evaluación de las contribuciones difusas es siempre más fácil, pero en ciertos casos es bastante significativa.

Otra fuente de nutrientes es la precipitación atmosférica.

2.7. Indicadores de eutroficación

Según Walker (1983) la presencia en las aguas de macro y micronutrientes que pueden ser identificados, determinan ciertas características que reflejan la calidad de líquidos bajo un punto de vista eutrófico y pueden dar una indicación sobre la evolución del proceso. Esos indicadores, felizmente presentan niveles que pueden diferir de una situación a otra, sirviendo como elementos de caracterización para los cuerpos de agua.

Los indicadores más comúnmente empleados son los siguientes:

- Oxígeno disuelto (requiere siempre una apreciación crítica).
- Plancton (examinados a lo largo del tiempo, permite el seguimiento de la evolución del fenómeno).
- Transparencia, medida por el disco Secchi.
- Turbidez (influye en la penetración de la luz y su disponibilidad para la fotosíntesis).
- Clorofila “a” (aplicable con restricción en lagos poco profundos, siempre que no se tenga en cuenta la influencia de las macrofitas).
- Nitrógeno granulado.

2.8. Relación Nitrógeno/Fósforo (N/P)

(Salas & Martino, 1988) La relación N/P se utiliza para definir el elemento limitante en el crecimiento de las plantas acuáticas, es decir, el que desaparece antes de la columna de agua. Hay que tener en cuenta dos consideraciones:

- a. La cantidad relativa de fósforo y nitrógeno requerida por las plantas acuáticas.
- b. La cantidad relativa de fósforo y nitrógeno disponible inicialmente para el crecimiento en ese cuerpo de agua.

En general, se considera que cuando el cociente N/P es menor a 9 ó 10, el nitrógeno es el elemento limitante y cuando N/P es mayor a 9 ó 10, el fósforo controla el proceso; cuando N/P=10 ninguno de los dos limita. Esto está sujeto a variación según la estequiometría de las plantas; en ocasiones sólo un cociente N/P de 20 o mayor corresponde a lagos limitados por fósforo y un cociente de 5 o menor refleja sistemas limitados por nitrógeno.

Este cociente es útil para atender la relación entre N, P y biomasa de plantas a un primer nivel. Sin embargo, se debe tener precaución en sus interpretaciones y uso. Por ejemplo para controlar el fitoplancton, la remoción de nitrógeno de sistemas acuáticos limitados por dicho elemento, puede dar lugar a valores del N/P muy bajos. Se ha observado valores del cociente N/P menores de 4 en agua dulce pueden estimular el crecimiento de algas verdeazules dañinas, capaces de fijación atmosférica de nitrógeno.

Estas especies producen vacuolas de gas que las mantienen en superficies reduciendo la velocidad de sedimentación incluso a valores negativos (Thomann & Mueller, 1987).

2.9. Fuentes de Nutrición

Azevedo, (1988) El sedimento constituye la fuente interna de nutrientes. La liberación de fósforo de los sedimentos depende del contenido de oxígeno en la interfase agua-sedimento, de la estructura granular del sedimento y del tipo de comunidad bacteriana.

Las principales fuentes externas de nutrientes son:

- a) Residuos agropecuarios
- b) Fertilizantes agrícolas
- c) Aguas residuales domésticas
- d) Los detergentes

a) Residuos agropecuarios: los desagües domésticos en el campo, generalmente son poco significativos, sobre todo en las regiones en que la población rural es pequeña y poco densa y donde es común la disposición de excretas y efluentes en el subsuelo.

Los residuos constituidos por excrementos animales (ganado vacuno, porcino, etc.) mantenidos en áreas confinadas, presentan marcada influencia sobre la eutrofización.

La población equivalente para el caso de porcinos, por ejemplo es mucho mayor que la correspondiente a contribución de origen doméstico. (Vollenwéider, 1968)

b) Fertilizantes agrícolas: Las áreas cultivadas así como los pastos son fuentes dispersas que contribuyen con nutrientes para las aguas corrientes y estancadas, principalmente con nitrógeno y fósforo.

El comportamiento de estas dos sustancias no solo es muy diferente. El nitrógeno bajo la forma de nitrato es muy soluble y por eso es fácilmente “lavado” y conducido por las aguas de escurrimiento superficial. Generalmente los compuestos de fósforo son poco transportables, pues ellos frecuentemente reaccionan como el fierro y el aluminio formando cuerpos insolubles.

La erosión de los suelos es el factor más importante en el transporte de compuestos de fósforo y nitrógeno.

Investigaciones hechas (por Vollenwéider, 1968) condujeron a la conclusión de que se pierde de 10% a 25% de nitrógeno aplicado al suelo bajo la forma de fertilizantes y de 1% a 5% de la cantidad de fósforo. En regiones sujetas a erosión intensa (frecuentes en Brasil), llegan a exceder los 10 kg/ha por año.

c) **Aguas residuales domésticas:** Los desagües domésticos y determinados residuos industriales (transportados o no por los sistemas públicos), son las fuentes más frecuentes de las más diversas contaminaciones y de nutrientes.

Son comunes los siguientes contenidos totales de nitrógeno y fósforo en líquidos residuales:

Nitrógeno total 15 – 35 mg/L

Fósforo total 12 – 15 mg/L

El consumo elevado de detergentes con componentes de fósforo contribuye considerablemente en la elevación de la carga de ese nutriente a niveles críticos. (Vollenwéider, 1968)

d) **Los detergentes:** los detergentes de un modo general contribuyen considerablemente en el deterioro de la calidad de las aguas receptoras sobre todo por la acción de los polifosfatos.

En Suecia, medidas gubernamentales, permitieron reducir el contenido de fosfatos en detergentes en cerca del 7%, lo que constituye una extraordinaria reducción.

En Brasil, el control de los detergentes recién está dando sus primeros pasos. (Vollenwéider, 1968).

2.10. Desarrollo de Modelos matemáticos simplificados

(Thomann & Mueller, 1987) Se ha hecho un esfuerzo considerable en los últimos 10 - 20 años para desarrollar análisis empíricos y teóricos de eutroficación de lagos que pudieran ser fácilmente aplicables. Debido a que muchos de los problemas de los lagos se han debido al fitoplancton, la mayoría de los esfuerzos hasta la fecha se han centrado en la eutroficación del lago por fitoplancton incorporando varias presuposiciones básicas en el análisis. Los modelos simplificados de fitoplancton han probado ser útiles para una primera estimación de los efectos potenciales de una reducción en la carga de nutrientes.

El acercamiento básico de varios de los modelos es el balance de masa del nutriente limitante asumido, esto es, fósforo. Se usa el fósforo total como la variable indicadora del estado trófico.

Vollenweider (1968) en su primer informe, de naturaleza principalmente empírica, relacionó la carga externa del nutriente (en g/m² de área superficial del lago por año) a

la profundidad del lago y notó que la población de los lagos se dividía en dos grandes áreas relacionadas con el estado de eutroficación.

Desde ese primer estudio, otros investigadores (Dillon y Rigler, 1974, 1975; Rast y Lee, 1978) han continuado incorporando más datos y mecanismos adicionales y necesariamente han disminuido algunos de los niveles previos de juicio requeridos en el análisis. Estos últimos esfuerzos también han intentado, en forma semiempírica, estimar no sólo el nivel de fósforo sino también de la variable más relevante que es la clorofila del fitoplancton.

Chapra & Tarapchak (1976) han resumido el esquema simplificado en los siguientes pasos:

- Estimar la carga de P total al lago;
- Determinar la concentración promedio anual de P total en el lago;
- Estimar la concentración de P total en el lago en la primavera, a partir de la concentración promedio anual;
- Calcular las concentraciones promedio de clorofila "a" en el verano a partir de las concentraciones de P total en la primavera;

Las suposiciones usadas para el análisis del modelo de balance de masa para fósforo total son:

- Lago completamente mezclado;
- Condiciones de estado de equilibrio, representado por el valor promedio estacional/anual;
- Limitado por fósforo;
- Fósforo total se usa como medida del estado trófico.

A pesar de estas suposiciones, este modelo simplificado ha producido resultados muy útiles desde el punto de vista del control de calidad de agua. La ecuación de balance de masa para fósforo totales (refiérase a la Figura 03):

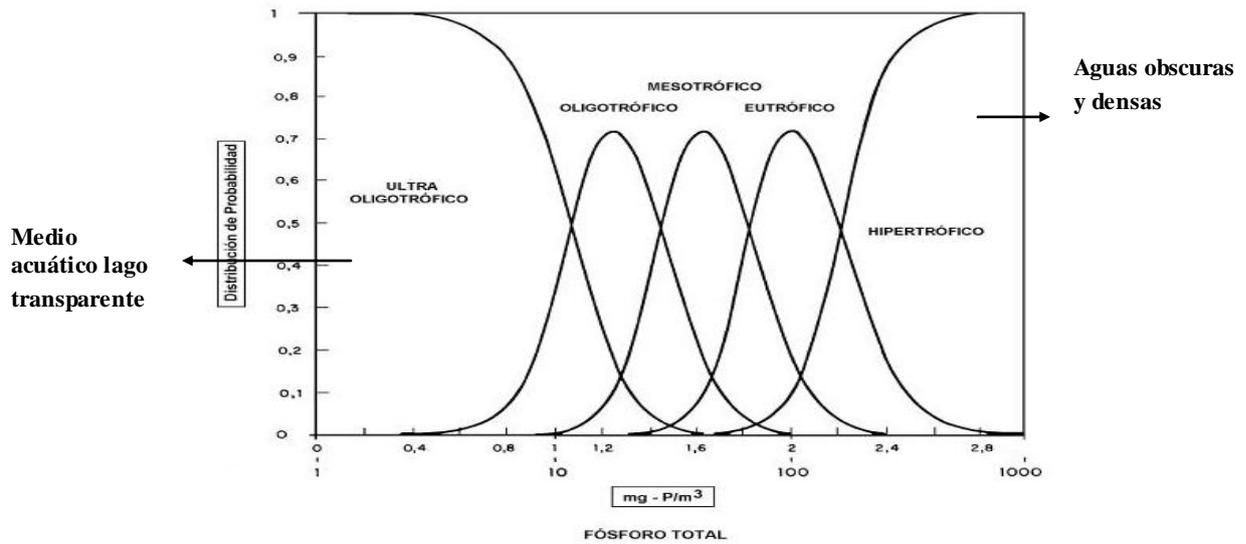


Figura 03:
Distribución de probabilidad de nivel trófico de lagos cálidos tropicales basado en fósforo total (Adaptada de Vollenwéider & Kerekes (1981) con datos de lagos cálidos tropicales)

2.11. Modelo preliminar de clorofila "a"

La clorofila "a" es un indicador útil y simple para estimar la densidad del fitoplancton y ha sido ampliamente utilizada en los modelos como el parámetro más pertinente para predecir la densidad de algas en lagos.

La evidencia de una estrecha relación entre la clorofila "a" y la concentración de fósforo total en la mayoría de los lagos templados ha sido reportada por Dillon y Rigler, 1974; Chapra y Tarapchak, 1976; Smith y Shapiro, 1981; OECD, 1982; entre otros. Sin embargo, los modelos de clorofila "a" versus fósforo pueden no ser buenos indicadores de la relación entre los niveles de algas y nutrientes en los lagos limitados por nitrógeno con relaciones de N_{λ}/P_{λ} menores a 10 (Dillon y Rigler, 1974; Canfield, 1983).

2.12. Clasificación de los cuerpos de agua y niveles de eutroficación

Limnológicamente, los cuerpos de agua se pueden clasificar de forma simplificada en tres grandes tipos:

- **Oligotróficos:** sistema acuáticos de bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima.

- **Eutróficos:** sistema acuáticos de alto contenido de nutrientes y producción vegetal excesiva.
- **Mesotróficos:** sistema acuático con características intermedias entre oligotrófico y eutrófico.
- **Hipertróficos:** sistema acuático en estado avanzado de eutrofización con cargas elevadas.

2.13. Calidad de agua para evaluar la eutrofización

La proliferación de plantas acuáticas, macrofitas en los lagos cálidos tropicales, como por ejemplo de la especie bien conocida *Eichhornia crassipes* (jacinto o lirio de agua), produce problemas tanto en la operatividad de las plantas de tratamiento, como en el ecosistema acuático (reducción de la vida útil de los embalses por acumulación de material vegetal en los sedimentos y pérdidas de agua por evapotranspiración, etc.). Además, su descomposición incorpora una carga orgánica adicional a la columna de agua que puede resultar en un desequilibrio del oxígeno disuelto en el hipolimnión, con la consiguiente alteración de la cadena trófica (mortalidad de peces) y problemas en la potabilización del agua.

El control de este problema, discutido extensivamente, se ha basado en dos acercamientos:

- a. Control directo y/o remoción de las plantas acuáticas del cuerpo de agua, mediante:
 - Remoción manual o mecánica;
 - Control químico;
 - Control biológico
- b. Control a largo plazo basado en la reducción de nutrientes.

La remoción manual o mecánica presenta la ventaja de una eliminación de la biomasa vegetal del cuerpo de agua y, en algunas ocasiones, la relación costo/beneficio permite que pueda ser utilizada para compost, biogás y/o complemento de la alimentación animal. El control químico con herbicidas implica un peligro al ecosistema y a la calidad de agua, por lo que no se considera recomendable para embalses destinados al suministro de agua potable. El control biológico supone la introducción de especies de insectos o peces que reducen la

densidad poblacional de la vegetación. En este último caso, se debe considerar cuidadosamente el impacto potencial en el balance ecológico del sistema acuático.

La metodología más utilizada es la remoción manual y/o mecánica. Sugiriéndose también profundizar en la investigación del control biológico por medio de peces herbívoros y parásitos vegetales autóctonos. (Lara Hernández & Martínez, 1988).

2.14. Vegetación en la Bahía Interior del Lago

La vegetación del lago está representada por 12 variedades de plantas acuáticas resaltando la totora (*Scirpus californicus*), la yana llacho (*Elodea potamogeton*), la lenteja de agua (*Lemna sp.*) y la purima (*Chara sp.*). La Reserva presenta también flora terrestre ribereña con más de 64 géneros a continuación se describen las más importantes, por su presencia.

- a) **Totora (*Scirpus californicus*):** que se encuentra formando comunidades vegetales denominadas "totorales", desarrolladas a profundidades de 1 a 4 metros por debajo del nivel del lago, alcanzando alturas de 4 a 5 metros y diámetro de 1 a 4 cm. Estas comunidades vegetales constituyen un ecosistema que alberga avifauna lacustre y sirve como lugar de reproducción de algunas especies icticas del lago, anfibios, zooplankton y aún no se tiene determinado con exactitud las especies de invertebrados, los cuales juegan un papel importante dentro del equilibrio y la cadena trófica del ecosistema.

Se entiende que la macrófita Totora juega un rol importante en la permanencia de las diferentes especies que habitan en ella, porque les permite desarrollar su ciclo de vida

La totora constituye un recurso renovable que crece en forma natural en aguas someras circunlacustres del Lago Titicaca y en áreas húmedas aledañas a los principales ríos afluentes y lagunas, formando un ecosistema de vida silvestre de flora y fauna.

La Totora es la base económica de la existencia del poblador que vive en la zona litoral del Lago Titicaca, sin embargo, en algunos sitios, las formas actuales de

extracción no tienen un criterio técnico, ni existe un adecuado manejo sostenible y equilibrado del recurso, por parte de los pobladores que utilizan este recurso; estas acciones finalmente deterioran el equilibrio ecológico del ecosistema del lago (Canales, 1991).

- b) **La Lenteja de agua (*Lemna sp.*)** es una de las especies flotantes, viven libremente sin ninguna sujeción al fondo del substrato, extendidas sobre la superficie del agua, sin que la profundidad del agua les afecte directamente, ya que su vida es pasivamente móvil y se le encuentra generalmente en zonas poco profundas y protegidas por los totorales.

Las mayores poblaciones de lenteja de agua en la bahía interior de Puno, se deben a los procesos de eutroficación por la acción antrópica desarrollada en esta ciudad, se tiene además poblaciones de lenteja de agua en las áreas periféricas de totorales debido a la emisión de las aguas servidas en forma directa hacia el lago (Lescano *et al.*, 2000).



Figura 04:
Lemna extraída de la Bahía Interior, manipulado por el autor SFMR.



Figura 05:
Vista de detalle de la planta lemna en la que se puede apreciar el fruto, la lenteja

Lirio acuático (*Eichornia crassipes*) es una planta libre flotadora miembro de la familia de las Pontederiaceae, que ocupa un lugar sobresaliente entre las comunidades de hidrófilas de agua dulce de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Las flores que la conforman, por su forma y color, son tanto la estructura más vistosa de la planta como el principal motivo que ha favorecido su introducción en estanques y acuarios de todo el mundo. Los lóbulos de la flor presentan tonalidades que van del color morado al lila y al azul claro, destacando en el lóbulo superior central una mancha de color amarillo.



Figura 06:
Vista a la descarga de los efluentes de PTAR Espinar

2.15. Clorofila “a”

La clorofila a, uno de los pigmentos verdes que participa en la fotosíntesis, es parte de todas las algas, de modo que se usa para distinguir la masa de algas en el agua de otros materiales orgánico, como las bacterias. Se ha calculado que la concentración de fósforo debe ser de 0.01-0.015 mg/L para limitar el crecimiento de algas. (Mackenzie, 2005)

2.16. Antecedentes

La evaluación de la calidad de las aguas permite controlar el estado de este recurso y su afectación por actividades antrópicas para soportar acciones y estrategias de protección y manejo del mismo. (Seisdedo *et al.*, 2006).

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), centro especializado de la Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), llevó a cabo un Programa Regional para el desarrollo de metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos/embalses cálidos tropicales de América Latina y el Caribe, encontrando que aparentemente la mayoría de los lagos/embalses de la Región tenían limitaciones por fósforo.

Un sistema de clasificación de estado trófico de lagos cálidos tropicales y un modelo simplificado de fósforo total se ha desarrollado con datos recopilados en la Región, y han sido contrastados contra datos de embalses africanos. Los modelos preliminares de clorofila "a" y de nitrógeno total aún requieren de mayor desarrollo. (Salas & Martino, 2001).

La modelación matemática del comportamiento de los sistemas ecológicos puede ser considerada la síntesis de nuestro conocimiento acerca del problema asociado con el ecosistema. Conocemos que los ecosistemas se adaptan y tienen capacidad para cambiar la composición de sus especies y por la importancia de estos procesos deben estar incluidos en un modelo de desarrollo ecológico. Ellos pueden ser descritos por la optimización del aprovechamiento de la energía externa, metodología usada exitosamente en estudios que han permitido establecer pronóstico en el cambio de las

propiedades de los organismos principales, siendo obvio que el método pueda ser mejorado por calibración del modelo (Northcote *et al.*, 1991).

La mayoría de los nutrientes se acumulan en los sedimentos del fondo donde las bajas concentraciones de Oxígeno ($<1 \text{ mg O}_2/\text{L}$) producidas por la estratificación térmica y la mezcla incompleta, pueden causar la liberación de fósforo y amoníaco (Mortimer, 1971). La liberación del fósforo parece estar relacionada con la reducción del hierro y del magnesio en los sedimentos. Los procesos de precipitación y adsorción que tienen lugar en la columna de agua, tales como la adsorción de fosfatos a precipitados de calcita inducidos fotosintéticamente pueden influir en la producción de fósforo acumulado en los sedimentos (Carrigan & Flett, 1981).

La abundancia y las características del ciclo de vida de los organismos acuáticos también pueden influir en el ciclo de nutrientes dentro de un lago. Las macrofitas enraizadas son capaces de movilizar el fósforo de los sedimentos para luego eliminarlo al agua. Los invertebrados bentónicos también pueden movilizar nutrientes de los sedimentos (Kluesner & Lee, 1974).

Las fuentes externas de nutrientes incluyen descargas directas tales como aguas residuales domésticas e industriales, residuos sólidos, fuentes no definidas tales como el agua de escorrentía procedente de actividades agrícolas. Una persona aporta diariamente alrededor de 2.1 g de P_2O_5 que representa aproximadamente el 30% del fósforo que ingresa al medio acuático, una gran proporción de fósforo presente en las aguas residuales procede de los detergentes. Estudios efectuados en 1974 arrojaron como resultados que el área agrícola contribuye con 1.1 kg N/ha/año y 0.2 kg P/ha/año (Harm *et al.*, 1974). Y que el 80% del fósforo total y el 40% del nitrógeno total son atribuibles a la escorrentía de las aguas pluviales (Kluesner & Lee, 1974). Entre las funciones internas de nutrientes de un lago, se incluye el reciclaje de nutrientes provenientes de los sedimentos, la descomposición de los florecimientos de fitoplancton y macrofitas acuáticas, la excreción por parte del zooplancton y la fijación del nitrógeno. Trabajos efectuados al respecto dan como resultado que un lago puede retener el 50% del fósforo y el 70% del nitrógeno, por tanto el control del reciclaje de esta fuente interna de nutrientes puede ser tan importante como el control de los aportes externos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

- Vasos de precipitación de 100, 200, 500 mL.
- Erlenmeyers de 50, 125, 500 mL.
- Matraz Kitasato de 1 L.
- Balones de base plana.
- Balones de base redonda.
- Tubos de ensayo.
- Pipetas de 1,5 y 10 mL.
- Probetas de 50, 100 y 300 mL.
- Fiolas aforados de 200, 250, 500, y 1000 mL.
- Piscetas 500 mL
- 6 Tubos para la digestión Kjeldahl.
- Goteros 50 mL
- Frascos para DBO_5 .
- Buretas graduadas de 50 mL.
- Baldes x 10 L.
- Frascos de color ámbar para la de muestras de 1L.
- Embudos de separación.
- Kit para filtración.
- Embudos de filtración.
- Cajas de tecnopor.

3.2 Equipos

- Bote Zodiac o Deslizador.
- Conductímetro ATC HI 9835
- Termómetro digital Peak Tech 5110 en °C
- pH –Metro Marca Schott Modelo Handylab
- Turbidímetro multiparámetro Horiba
- Destilador de agua RAY-DES4.
- Incubadoras.

- Balanza analítica Mettler Toledo.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Unicam 929 Generador de Hidruros Unicam VP90
- Agitador magnético AREC.
- Campana extractora de gases.
- Equipo digestor Kjeldhal DK6
- Estufa para digestión Kjeldahl.
- Congeladora.
- Horno mufla Mufla Labtech
- Cronometro.
- Bomba de vacío.

3.3 Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado al 98%.
- Ácido nítrico Concentrado al 85%.
- Ácido clorídrico al 37%.
- Permanganato de potasio P.A.
- Nitrato de plata P.A
- Oxalato de Sódio P.A.
- Sulfato de manganeso P.A
- Nitruro de sódio P.A.
- Yoduro de sódio P.A.
- Tiosulfato de sódio pentahidratato P.A.
- Sulfato de potasio P.A.
- Sulfato de cobre P.A.
- Hidróxido de sódio P.A.
- Hidróxido de potasio P.A.
- Reactivo Nessler.
- Papel filtro.
- Alcohol polivinílico.
- Potassium persulfate.
- Buffer Hardness Solution 1.

- Fenolftaleína
- Rojo de Metilo.
- Hielo seco.

3.4 Métodos

En los análisis de los diferentes parámetros se han aplicado los “Métodos estándares para el examen de agua y aguas residuales”, de la Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater - APHA. De igual forma se ha utilizado varios procedimientos establecidos y recomendados durante un entrenamiento riguroso por la misión JICA en el año de 1999, bajo el Sr. Masahiro Karachi en Aguas y ratificado por el experto de la misión JICA Ing. Santiago Morales Maldonado en el mes de Noviembre y Diciembre del 2001 y en febrero del 2002.

3.4.1 Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo, fueron determinadas teniendo en consideración la morfología de la Bahía, profundidad, especialmente de la orilla respecto a los afluentes de las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento El Espinar, así como de los drenajes pluviales de la ciudad de Puno y su posible avance.

Para el presente trabajo se tomaron 3 líneas de monitoreo con 12 puntos de muestras, y en cada punto de monitoreo se tomó dos muestras, la primera superficial a 0,50 m de profundidad promedio, la otra (profundidad) a 2,5 m. de profundidad promedio de las aguas de la Bahía Interior de Puno.

1. En la línea norte se tomaron 3 puntos de monitoreo – Entorno a la Residencia Universitaria, Muelle Isla Esteves e Isla Blanca.
2. En la línea centro de la misma forma que la línea norte se tomaron 6 puntos de monitoreo – Faro, Captación de agua potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno, Muelle Puno.
3. En la línea sur se tomaron 3 puntos de monitoreo - Efluente Espinar, Terminal Terrestre y Muelle Espinar.

Cuadro 1: Ubicación de las líneas de monitoreo

N°	LUGAR DE MONITOREO	COORDENADA X (LS)	COORDENADA Y (LO)
Línea Norte			
1	Entorno Residencias Universitaria	391878,2	8250194,0
2	Muelle Isla Esteves	393548,1	8250105,0
3	Isla Blanca	394389,8	8249136,0
Línea Centro			
1	Faro	396912,0	8248158,0
2	Capt. Agua Pot	397019,2	8247842,0
3	Primera Boya	393465,6	8248929,0
4	Faro Antiguo	392567,1	8249093,0
5	Tercera Boya Muelle Puno	391900,6	8249286,0
6	Muelle Puno	391581,8	8249846,0
Línea Sur			
1	Efluente Espinar	393291,7	8247383,0
2	Muelle Espinar	392599,8	8247848,0
3	Terminal Terrestre	391717,0	8248388,0

Fuente: PELT, con adecuación del autor.

3.4.2 Frecuencia de Monitoreo

Cuadro 2: Frecuencia de monitoreo

Año	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2003			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2006		X		X		X	X	X	X	X		X
2007		X	X	X	X	X	X					

Fuente: Autoría Propia

Las frecuencias de monitoreo se realizaron antes de los periodos de febrero a diciembre, tal como se muestra en el cuadro 2, la toma de muestras fue entre las 10 a.m. a 12 a.m.

3.4.3 Recipientes para las muestras

Se utilizaron frascos de color ámbar de 1 L de capacidad, dichos frascos fueron etiquetados correctamente indicando la fecha y nombre del punto de monitoreo, nivel de profundidad.

Las muestras tomadas para los análisis físicos y químicos fueron almacenadas en cajas de tecnopor con hielo seco para conservar las muestras hasta ser llevados al laboratorio para los análisis respectivos.

3.5 Metodología para la determinación de los parámetros Físicos y Químicos.

La calidad de agua está determinada por un conjunto de valores límites de las propiedades físicas, químicas y biológicas, de acuerdo a la procedencia y uso.

El factor más importante a ser considerado en el estudio de la contaminación de aguas, es el conocimiento de sus características para ello de obtuvo muestras representativas cuyo análisis permitió conocer las características del agua en relación a las aguas servidas, habiéndose considerado:

- La ubicación de los mayores afluentes de aguas residuales.
- La ubicación con respecto a las estaciones de muestreo.
- La ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y alcantarillado que descargan a la Bahía Interior de Puno.

Los componentes a controlarse para la evaluación de la contaminación del recurso hídrico son indudablemente los que pueden tener repercusión directa en la salud pública.

3.5.1. Concentración De Nutrientes

A. Fósforo Total

El fósforo se presenta en aguas naturales y aguas residuales en varias formas que comúnmente son clasificados como ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicos que se forman principalmente en procesos biológicos de ahí la importancia de las aguas servidas. El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos.

Se ha utilizado el método del ácido ascórbico donde el molibdato de amonio y el tartrato de antimonio y potasio, reaccionan en medios ácidos con soluciones diluidas de ortofosfatos para formar un ácido heteropolifosfomolibdico el cual

es reducido por el ácido ascórbico a azul de molibdeno, y se lee en el espectro fotómetro.

B. Nitrógeno Total

La medición de los compuestos del nitrógeno es de gran interés por la importancia que tiene ese elemento en los procesos biológicos. Se ha realizado el análisis de este parámetro por el método Kjeldahl en presencia de ácido sulfúrico, sulfato de potasio y utilizando como catalizador el sulfato de cobre, luego de la combustión se neutraliza con un álcali fuerte y se procede a dar lectura de su concentración en el yodo metro, construyendo previamente una curva de calibración con concentraciones conocidas.

Nitrato.- Es la forma más prevaleciente de nitrógeno en el agua porque es el producto final de la descomposición aeróbica del nitrógeno orgánico. Los nitratos son los mayores componentes de los desechos humanos y animales.

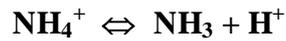
El análisis de nitrato se ha realizado en el equipo con el espectrofotómetro empleando el método de reducción con cadmio. El cadmio metálico reduce el nitrato presente en la muestra a nitrito. El nitrito reacciona en medio ácido sulfanílico formando una sal de diazonio intermedia que se une con el ácido géntísico (ácido 2,5-dioxibenzoico) para formar un producto coloreado ambar que luego se lleva al espectrofotómetro para dar lectura a su concentración.

Nitritos.- El Nitrógeno de nitrito se encuentra en las aguas como un estado intermedio de la descomposición biológica del nitrógeno orgánico. Se ha utilizado el método de diazotación donde la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta sal se une al ácido cromotrópico para reducir un complejo coloreado rosa que es proporcional a la cantidad de nitrito presente, de igual modo se lee en el espectrofotómetro.

Nitrógeno Amoniacal, Amoniaco y Amonio.- El nitrógeno Amoniacal incluye el nitrógeno bajo las formas de NH_3 y NH_4^+ , el amoniaco presente en aguas residuales se produce en su mayor parte por la eliminación de

compuestos que contienen nitrógeno orgánico y por la hidrólisis de la urea. También puede ser producido por la reducción de nitratos bajo condiciones anaerobias.

Se ha empleado el método Nessler donde el nitrógeno considerado como amoniacal existe como ion amonio o en la ecuación de equilibrio:



En las muestras que han sido clarificadas con mineral se estabiliza con alcohol polivinílico es posible una medida de la cantidad de nitrógeno amoniacal por tratamiento con el reactivo Nessler, que es una fuerte solución alcalina de yoduro de potasio con cloruro mercúrico.

3.5.2. Determinación de Parámetros Físicos.

La obtención de los parámetros físicos se realizó directamente en el mismo lugar de monitoreo con el uso de instrumentos y equipos necesarios para dichos parámetros.

A. Temperatura

Primero se obtiene la muestra y luego se procede a medir la temperatura de los dos niveles y cada punto de monitoreo con un Termómetro digital Peak Tech 110 °C.

B. pH

Potencial de Hidrogeniones es la medida de la acidez o basicidad que en muchos casos tiene relación con el comportamiento biológico y su relación de concentración de carbonatos y bicarbonatos.

Se ha utilizado un pH –Metro Marca Schott Modelo Handylab. Antes de efectuar el monitoreo se realizaba una previa calibración con solución tampón.

C. Conductividad

Es la medida de la capacidad de transmitir la corriente eléctrica. Este parámetro depende de la concentración total de sustancias iónicas en el agua y a la temperatura a la cual se hace la medición. La conductividad es recíproca a la resistividad. Para la medición de conductividad se ha utilizado un

instrumento medidor de conductancia previamente estandarizado con soluciones de cloruro de potasio 0.01M a 25 °C y los resultados son reportados en mS/cm.

D. Turbidez

Es la presencia de partículas como consecuencia de la suspensión de un material extraño ya sea algas, organismos vivos o la presencia de arcillas. Para la medida se ha utilizado el sensor multiparámetro Horiba se expresa en Unidades Nefelométricas de turbidez.

3.5.3. Determinación de Parámetros Químicos

A. Oxígeno Disuelto

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y residuales dependen de la actividad Física, Química y bioquímica del sistema del agua. El análisis del oxígeno disuelto es una prueba clave de la contaminación en aguas.

Se ha utilizado el medidor de oxígeno digital previamente calibrado a condiciones estándar. También se ha utilizado el método Winkler que está basado en la adición a la muestra de una solución de manganeso divalente, seguido por un fuerte álcali dentro de un frasco con tapa de vidrio.

El OD presente oxida rápidamente a una cantidad equivalente de hidróxido manganeso precipitado y lleva a los hidróxidos a estado de valencia más altos. En presencia de iones de yoduro y acidificación, el manganeso oxidante revierte a su estado disolvente con la liberación de yodo equivalente al OD originalmente contenido en la muestra. El yodo luego es titulado con una solución estándar de tío sulfato de sodio.

B. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es un ensayo de simulación en cual se usa un procedimiento estandarizado para determinar los requerimientos de oxígeno para una población microbiana heterogénea y en donde se establece la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual y efluentes y aguas poluidas. Por lo tanto la

DBO₅ representa la medición indirecta de la contaminación de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente.

Se ha utilizado el método de Winkler, modificación de la azida, como también por simple dilución con electrodo para la medición del oxígeno disuelto. Se llena dos botellas de DBO₅ con agua de dilución, se tapa se sella con agua uno de estos para incubación. Se determina el oxígeno disuelto antes de la incubación en la otra botella, se incuba el agua de dilución del testigo y las muestras diluidas por cinco días en un ambiente oscuro a 20°C, pasado este lapso de tiempo se determina el oxígeno disuelto de las muestras incubadas.

3.6 Técnicas para la evaluación de los datos

a) Cálculo del Balance Preliminar de los nutrientes

El cálculo del balance de Nitrógeno y Fósforo del área de estudio se realizó mediante cálculo matemático.

b) Análisis químicos y Físicos

Se analizaron y compararon las concentraciones de nutrientes y de factores físicos y químicos del agua existente mediante sus propios métodos de análisis.

c) Gráficos de los datos

En el estudio se incluye los Gráficos de las tendencias de cada uno de los parámetros evaluados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de muestras tomadas se presentan en tres Líneas:

- Línea Norte : Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca,
Línea Centro : Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo,
Tercera Boya, Muelle Puno.
Línea Sur : Efluente PTAR Espinar, Muelle Espinar, Terminal Terrestre.

4.1. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES

Se presentan los resultados de concentraciones de fósforo total y nitrógeno total.

4.1.1. FÓSFORO TOTAL (PT)

A. Línea Norte

Se presentan los resultados de fósforo total en tres puntos de muestreo (Entorno a la Residencia Universitaria, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca.

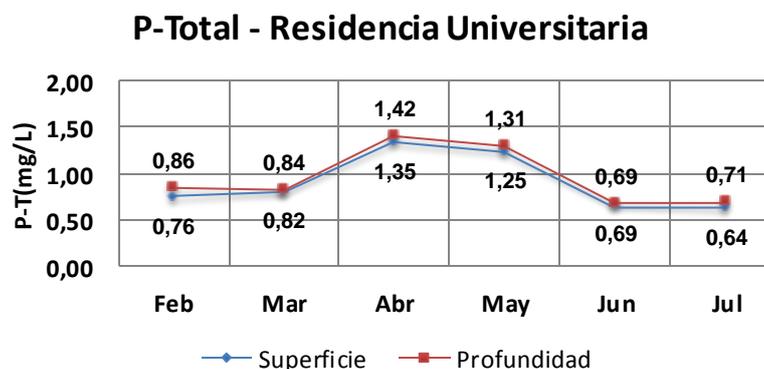
a. Entorno a Residencia de la UNA

Lo mayores niveles de concentración alcanzaron valores de 1.35 y 1.42 mg/L, en el mes de abril a nivel de superficie y profundidad (cuadro 3, gráfico 1), luego empiezan a descender en mayo, cuando cesa la época de lluvia y comienza el estiaje, hasta agosto.

Cuadro 3: Fosforo Total (PT), Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0.76	0.82	1.35	1.25	0.69	0.64
Profundidad	0.86	0.84	1.42	1.31	0.69	0.71

Gráfico 1: Fósforo Total (PT), Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007



b. Muelle Isla Esteves

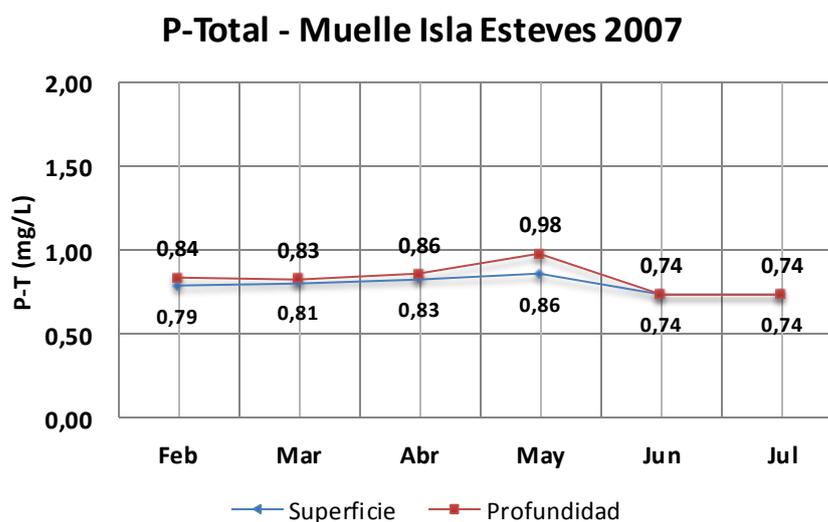
Los niveles de concentración de fósforo total alcanzaron valores máximos de 0.86 y 0.98 mg/L, el mes de mayo en agua superficial y profundidad respectivamente (Cuadro 4, gráfico 2).

El comportamiento es similar al entorno de la residencia de la UNA elevándose significativamente desde el mes de marzo (0.81 mg/L) llegando a 0.86 y 0.98 mg/L, el mes de mayo en agua superficial y profundidad respectivamente.

Cuadro 4: Fosforo Total (PT). Línea Norte, Muelle Esteves 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,79	0,81	0,83	0,86	0,74	0,74
Profundidad	0,84	0,83	0,86	0,98	0,74	0,74

Gráfico 2: Fósforo Total (PT). Línea Norte. Muelle Esteves 2007



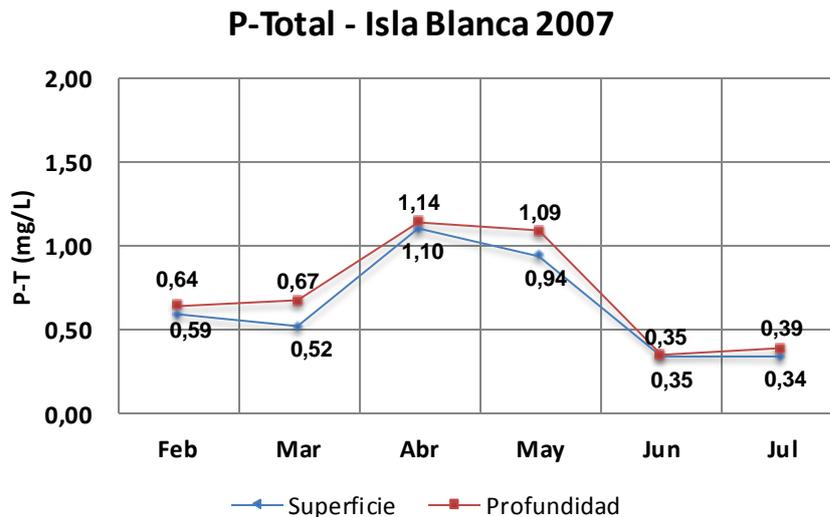
c. Isla Blanca

Los niveles de concentración de fósforo total alcanzaron valores máximos de 1.10 y 1.14 mg/L, el mes de abril en agua superficial y profundidad respectivamente, produciéndose la Eutroficación por el incremento del Nitrógeno, luego comienzan a descender en la época de estiaje (Cuadro 5, gráfico 3).

Cuadro 5: Fósforo Total (PT). Línea Norte, Isla Blanca 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,59	0,52	1,10	0,94	0,35	0,34
Profundidad	0,64	0,67	1,14	1,09	0,35	0,39

Gráfico 3: Fósforo Total (PT). Línea Norte. Isla Blanca 2007



B. Línea Centro

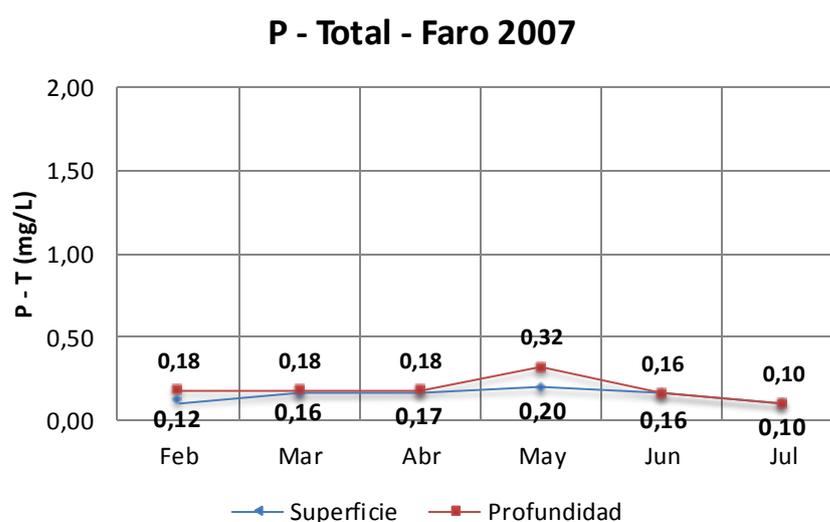
a. Faro

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de mayo época en que comienza el estiaje y cuando la radiación solar es muy intensa alcanza valores máximos de 0.20 y 0.32 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, (Cuadro 6, gráfico 4).

Cuadro 6: Fósforo total (PT), Línea Centro, Faro 2007.

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,12	0,16	0,17	0,20	0,16	0,10
Profundidad	0,18	0,18	0,18	0,32	0,16	0,10

Gráfico 4: Fósforo total (PT), línea Centro, Faro 2007



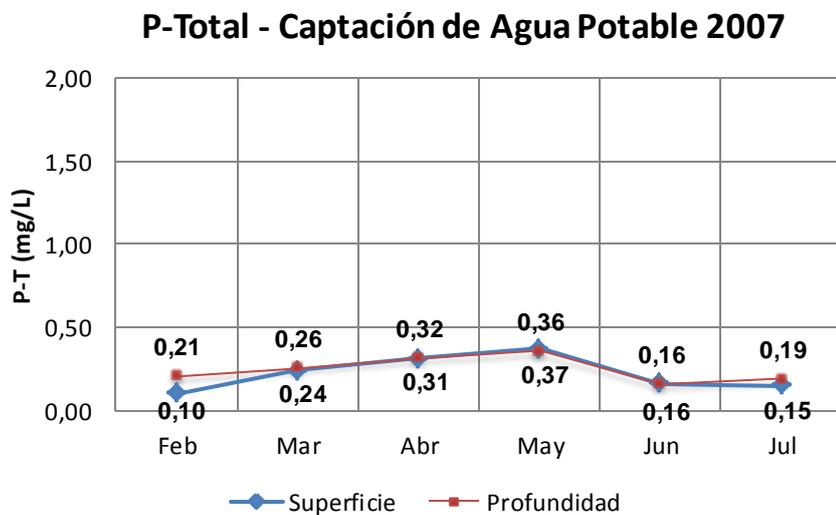
b. Captación de agua potable

En la línea centro, en el punto de muestreo captación de agua potable también se registró la mayor concentración de fósforo total el mes de mayo época en que comienza el estiaje por la abundante radiación solar y mayor actividad microbiológica, estos valores alcanzados fueron de 0,37 y 0,36 mg/L para superficie y profundidad respectivamente (Cuadro 7, Gráfico 5)

Cuadro 7: Fosforo total (PT), Línea Centro, Captación Agua Potable 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,10	0,24	0,31	0,37	0,16	0,15
Profundidad	0,21	0,26	0,32	0,36	0,16	0,19

Gráfico 5: Fósforo total (PT), Línea Centro, Captación Agua Potable 2007



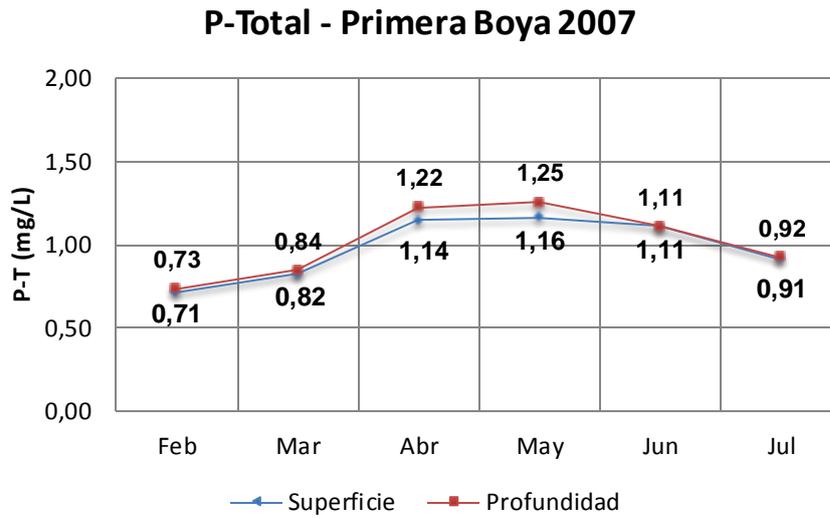
c. Primera Boya

En el Cuadro 8 y Gráfico 6, se presentan evaluaciones de PT, en este punto de muestreo los niveles de concentración de fósforo total alcanzaron valores máximos de 1,16 y 1,25 mg/L, el mes de mayo, en agua superficial y profundidad respectivamente.

Cuadro 8 : Fosforo total (PT), Línea Centro. Primera Boya. 2007.

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,71	0,82	1,14	1,16	1,11	0,91
Profundidad	0,73	0,84	1,22	1,25	1,11	0,92

Gráfico 6 : Fósforo total (PT), Línea centro, Primera boya 2007



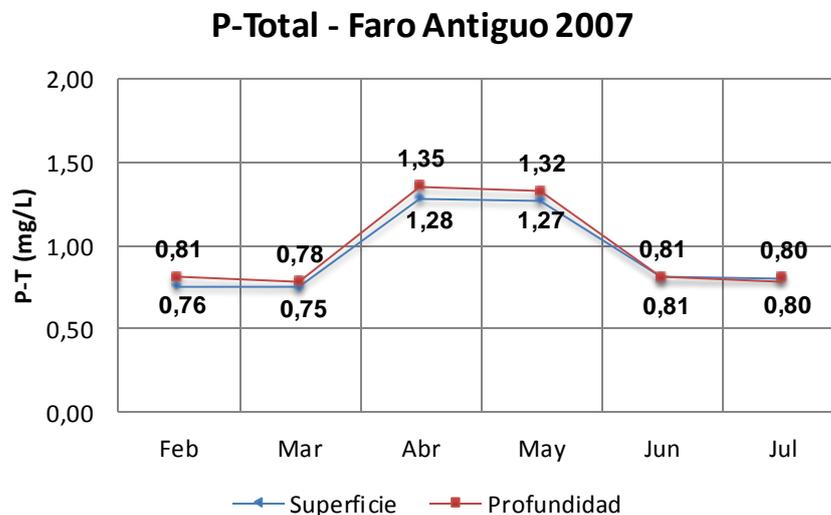
d. Faro Antiguo

En este punto de muestreo los niveles de concentración de fósforo total alcanzan valores máximos de 1,28 y 1,35mg/L, el mes de abril y 1,27 y 1,32mg/L el mes de mayo, en agua superficial y profundidad respectivamente (Cuadro 9, gráfico 7).

Cuadro 9: Fosforo total (PT), Línea centro, Faro Antiguo 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,76	0,75	1,28	1,27	0,81	0,8
Profundidad	0,81	0,78	1,35	1,32	0,81	0,8

Gráfico 7: Fósforo total (PT), Línea centro, Faro Antiguo 2007



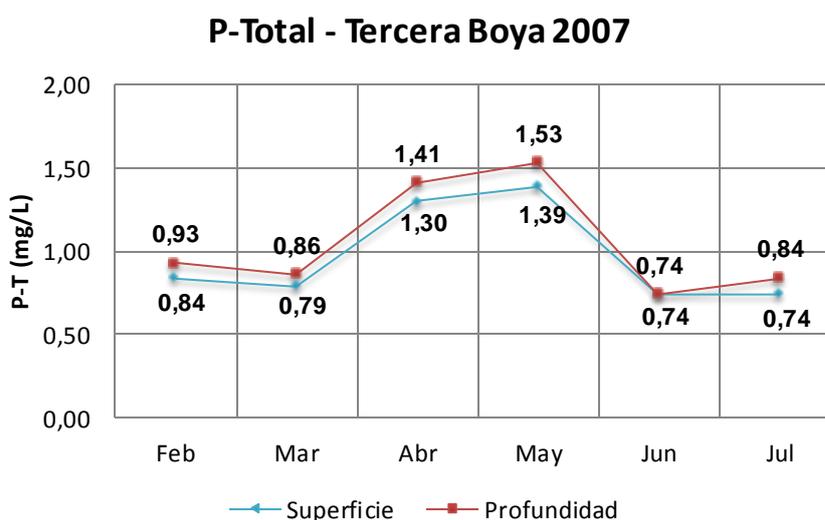
e. Tercera Boya

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de mayo, alcanzando valores máximos de 1,39 y 1,53 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje (Cuadro 10, gráfico 8).

Cuadro 10: Fósforo total (PT), Línea centro, Tercera Boya 2007

P-T (mg/L)	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	0,84	0,79	1,30	1,39	0,74	0,74
Profundidad	0,93	0,86	1,41	1,53	0,74	0,84

Gráfico 8 : Fósforo total (PT), Línea Centro, Tercera Boya 2007



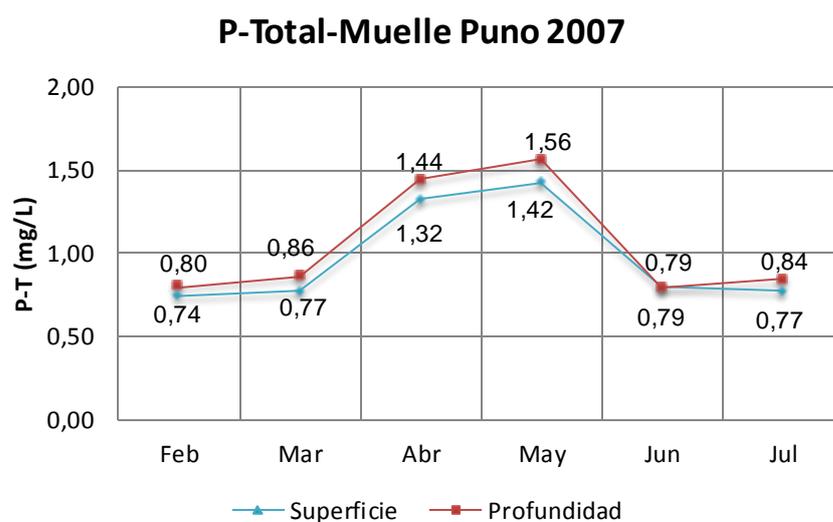
f. Muelle Puno

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de mayo, alcanzando valores máximos de 1.42 y 1.56 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje (Cuadro 11, gráfico 9).

Cuadro 11 : Fósforo total (PT), Línea Centro, Muelle Puno. 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0.74	0.77	1.32	1.42	0.79	0.77
Profundidad	0.80	0.86	1.44	1.56	0.79	0.84

Gráfico 9 : Fósforo total (PT), Línea Centro. Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

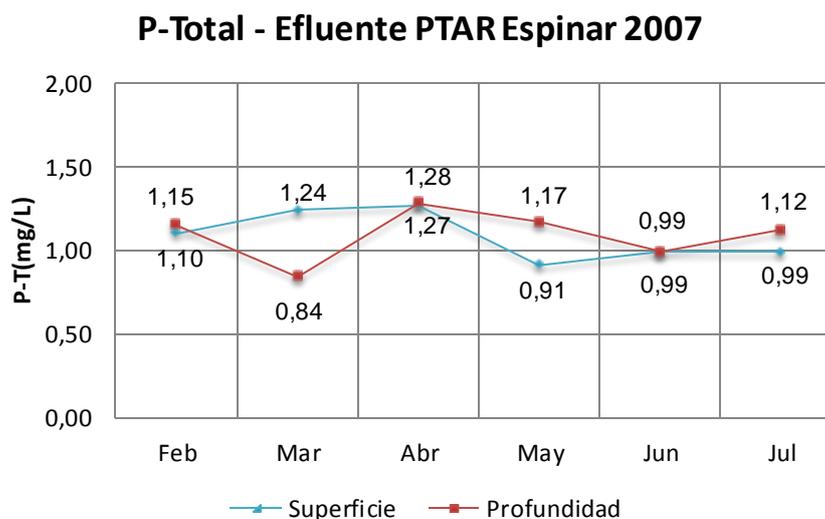
a. Efluente PTAR Espinar

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de abril, alcanzando valores máximos de 1,27 y 1,28 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje (Cuadro 12, gráfico 10), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó desde años anteriores.

Cuadro 12: Fosforo total (PT), Línea Sur, Efluente PTAR Espinar 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	1,10	1,24	1,27	0,91	0,99	0,99
Profundidad	1,15	0,84	1,28	1,17	0,99	1,12

Gráfico 10: Fósforo total (PT), Línea Sur, Efluente PTAR Espinar 2007



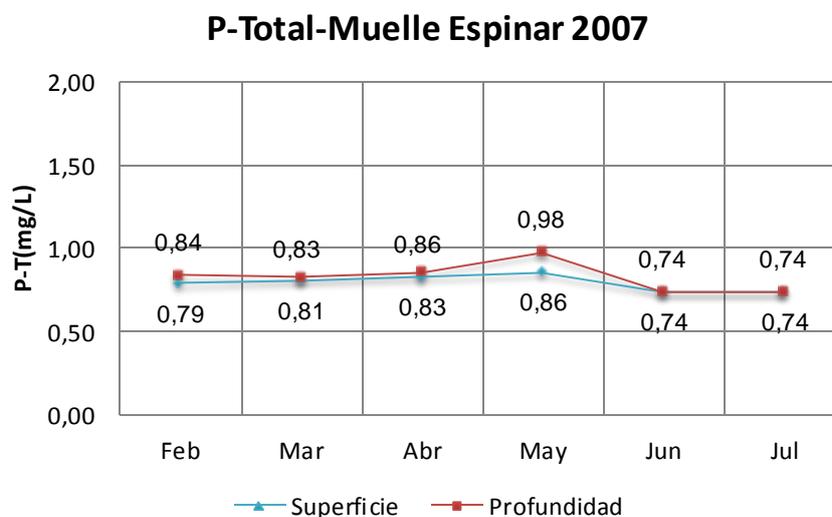
b. Muelle Espinar

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de mayo, alcanzando valores máximos de 0,86 y 0,98 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje (Cuadro 13, gráfico 11), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó desde el 2003 en que alcanzaba valores de 0,284 y 0,312 mg/L y en el año 2004 alcanzó valores de 0,343 y 0,33 mg/L, a nivel de superficie y profundidad.

Cuadro 13: Fosforo total (PT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,79	0,81	0,83	0,86	0,74	0,74
Profundidad	0,84	0,83	0,86	0,98	0,74	0,74

Gráfico 11: Fósforo total (PT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007



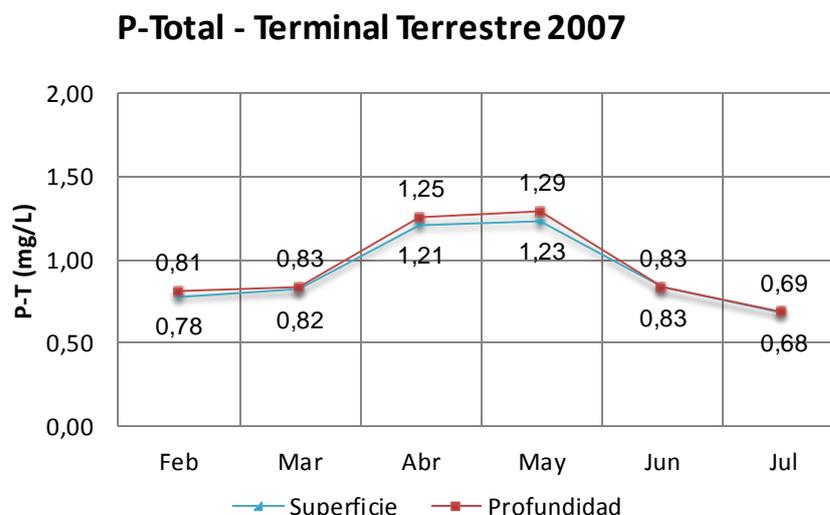
c. Terminal Terrestre

La mayor concentración de fósforo total se presenta en el mes de mayo, alcanzando valores máximos de 1,23 y 1,29 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje (Cuadro 14, gráfico 12).

Cuadro 14: Fosforo total (PT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007

P-T (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	0,78	0,82	1,21	1,23	0,83	0,68
Profundidad	0,81	0,83	1,25	1,29	0,83	0,69

Gráfico 12: Fósforo total (PT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007



DISCUSIÓN

Los resultados nos demuestran que hay presencia significativa de Fósforo Total en el agua de la bahía interior, factor importante para que se lleve a cabo la eutrofización, además la abundancia de nitrógeno no sitúa a este parámetro como limitante.

El fósforo presenta en las tres líneas de monitoreo, valores mayores en la orilla que van desde 0,6 hasta más de 1,5 mg/L y conforme se avanza hacia el Lago Mayor disminuyen progresivamente las concentraciones de fósforo a 0,52 mg/L y 0,49 mg/L. La mayor concentración de fósforo total se registra en los meses de abril y mayo, con 1.35 y 1.42 mg/L, en el Entorno Residencia de la UNA Línea Norte, Línea Centro en la Tercera Boya (1,39 y 1,53 mg/L) y Muelle Puno (1,42 - 1,56 mg/L) para superficie y profundidad respectivamente. En la Línea Sur, el mayor valor representa en el efluente PTAR Espinar y (1,27 - 1,28 mg/L), el Terminal Terrestre (1,23 - 1,29 mg/L) para superficie y profundidad respectivamente, que en la distribución de probabilidades (Figura 3), corresponde al nivel hipertrófico coincidente con el inicio del verano lluvioso típico de la altiplanicie, estos valores empiezan a descender en marzo o abril cuando cesa la época de lluvia y luego se incrementa en junio época de estiaje por la abundante radiación solar lo que genera mayor actividad microbiológica y fotosintética, estos valores alcanzados tienen una media de 1.162 mg/L.

Los valores hallados son marcadamente superiores al valor máximo recomendado de 0,015 mg/L. (Schmidthe, 1974) y muestran más presencia en profundidad que en superficie y con una clara tendencia a disminuir conforme se avanza al lago mayor.

Según Valencia y Valero (1992). Las algas (*spirogira sp*) concentran hasta 10 veces la cantidad de fósforo formando un denso tapiz verde superficial y al descomponerse contaminan las aguas y pueden ocasionar índices de mortalidad de las especies acuáticas especialmente de peces, los excesos de fosfatos son prácticamente imposible de eliminar, a causa de su gran estabilidad, estos proceden de abonos agrícolas no consumidos, de los polifosfatos que componen los detergentes y en menor proporción de la actividad bacteriana.

4.1.2. NITROGENO TOTAL (NT)

A. Línea Norte

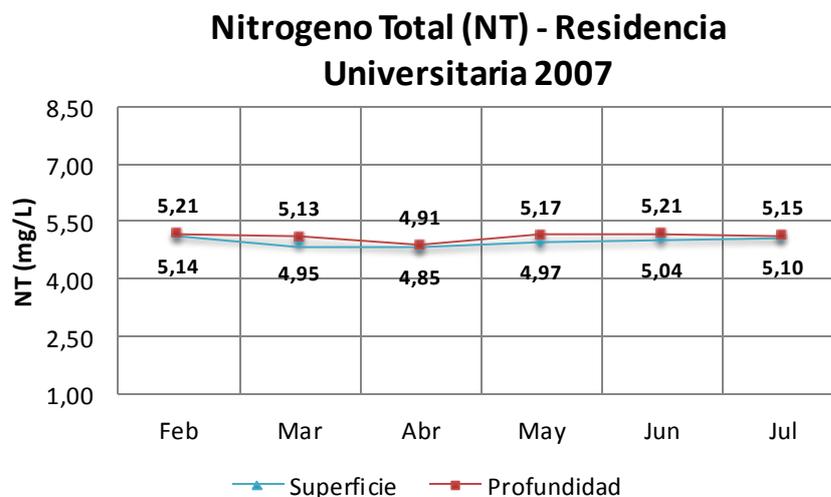
a. Entorno a la Residencia de la UNA

Los resultados nos presentan que las mayores concentraciones se dan junio 5, 04 y 5, 21 y julio de 5, 14 y 5,21 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago.

Cuadro 15: Nitrógeno Total (NT), Línea Norte, Entorno a la Residencia de la UNA 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	5,14	4,95	4,85	4,97	5,04	5,10
Profundidad	5,21	5,13	4,91	5,17	5,21	5,15

Gráfico 13: Nitrógeno Total (NT), Línea Norte, Entorno a la Residencia de la UNA 2007



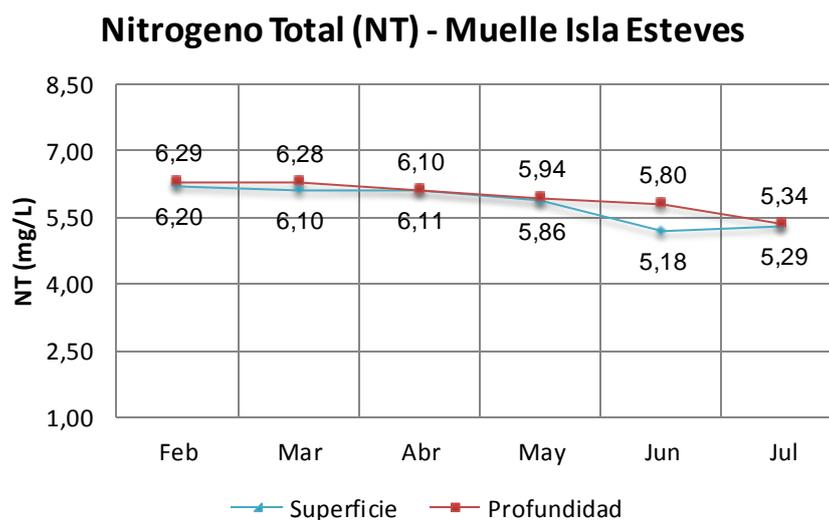
b. Muelle Isla Esteves

En este punto de muestreo los valores superaron los 5 mg/L, todo el año alcanzando valores máximos los meses de febrero, marzo y abril 6.2 , 6.1, 6.11 a nivel de superficie y 6.29,6.28 y 6.1 6.28 mg/L en profundidad respectivamente.

Cuadro 16: Nitróg. Total (NT), Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	6,20	6,10	6,11	5,86	5,18	5,29
Profundidad	6,29	6,28	6,10	5,94	5,8	5,34

Gráfico 14: Nitróg. Total (NT), Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007



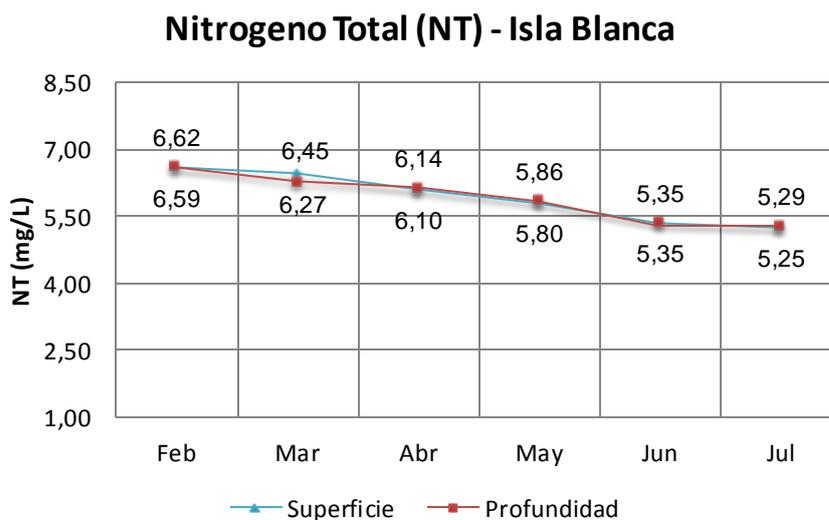
c. Isla Blanca

En este punto de muestreo la mayor concentración de nitrógeno total se presenta desde el mes de en el mes de febrero a mayo, en abril alcanzo valores máximos de 6,59 y 6,62 mg/L, en la superficie y profundidad del lago respectivamente, (Cuadro 17 y gráfico 15). Los altos niveles podrían deberse a corrientes superficiales generadas por vientos que causan procesos de acumulación.

Cuadro 17: Nitrógeno Total (NT), Línea Norte, Isla Blanca 2007

P-T (mg/L)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Superficie	6,59	6,45	6,10	5,80	5,35	5,25
Profundidad	6,62	6,27	6,14	5,86	5,35	5,29

Gráfico 15: Nitrógeno Total (NT), Línea Norte, Isla Blanca 2007



B. LÍNEA CENTRO

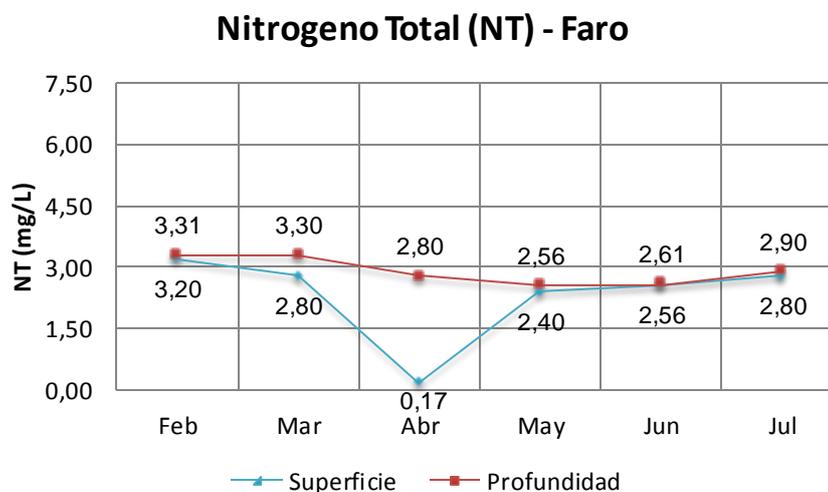
a. Faro

Los puntos de muestreo nos demuestran que los valores altos se presentan en la época de lluvia que corresponde a los meses de febrero y marzo 3,2 y 2,8 a nivel de superficie y 3,31 a 3,3 mg/L en profundidad del lago (Cuadro 18, gráfico 16).

Cuadro18: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Faro 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	3,20	2,80	0,17	2,40	2,56	2,80
Profundidad	3,31	3,30	2,80	2,56	2,61	2,90

Gráfico 16: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Faro 2007



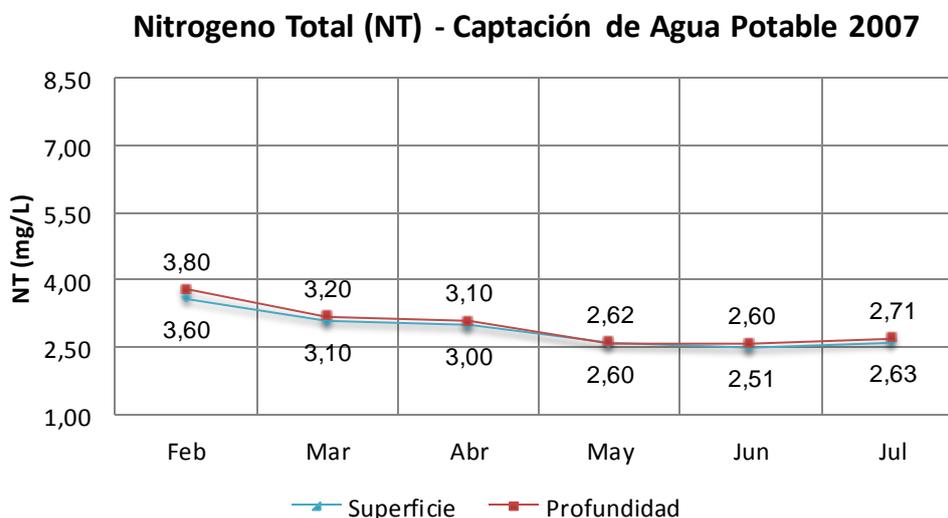
b. Captación de Agua Potable

La mayor concentración de nitrógeno total se presenta en el mes de febrero, alcanzando valores máximos de 3,6 y 3,8 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la época lluviosa mes de febrero (Cuadro 19, gráfico 17).

Cuadro 19: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Captación del agua 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	3,60	3,10	3,00	2,60	2,51	2,63
Profundidad	3,80	3,20	3,10	2,62	2,60	2,71

Gráfico 17: Nitróg. Total (NT), Lín Cent, Capt. de Agua Potable, 2007



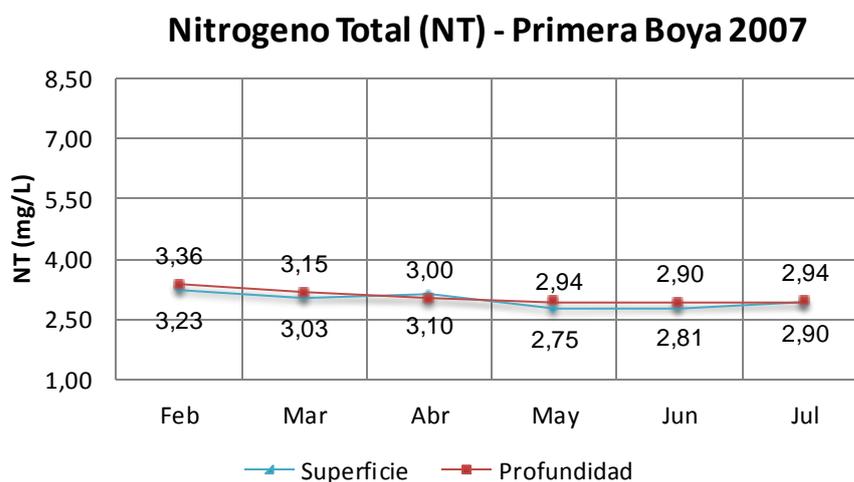
c. Primera Boya

El 2007 la mayor concentración de nitrógeno total se presenta el mes de febrero alcanzando valores de 3.23 y 3.36 mg/L, a nivel de superficie y profundidad respectivamente (Cuadro 20, gráfico 18). Además se tiene referencias que desde el año 2003 presenta concentraciones en forma ascendente hacia el 2004 y 2006 tanto a nivel de superficie como profundidad los valores más altos corresponden a los meses de lluvia.

Cuadro 20: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Primera Boya
2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	3,23	3,03	3,10	2,75	2,81	2,90
Profundidad	3,36	3,15	3,00	2,94	2,90	2,94

Gráfico 18: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Primera Boya
2007



d. Faro Antiguo

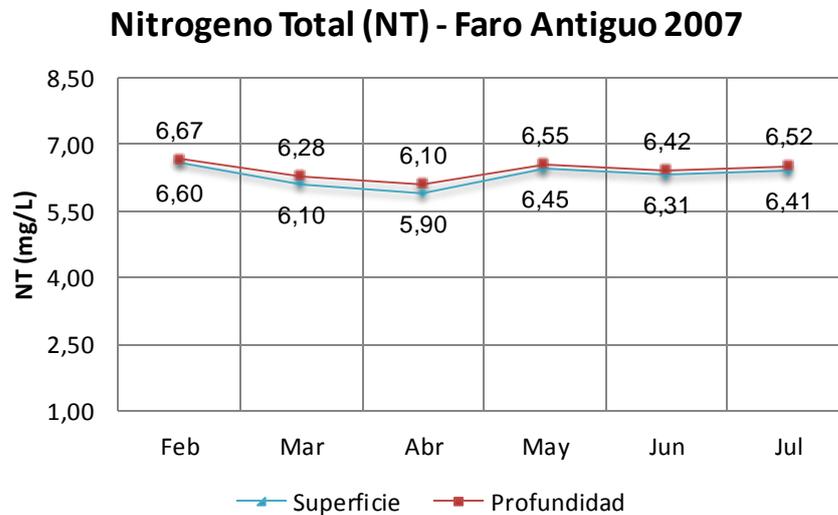
En este punto de muestreo los valores han sido similares durante todo el año del 2007 tanto a nivel de superficie como a profundidad, el mes de

febrero alcanzo el mayor valor a 6,6 mg/L, los demás meses tienen fluctuaciones similares (Cuadro 21, gráfico 19).

Cuadro 21: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Faro Antigo 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	6,60	6,10	5,90	6,45	6,31	6,41
Profundidad	6,67	6,28	6,10	6,55	6,42	6,52

Gráfico 19: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Faro Antigo 2007



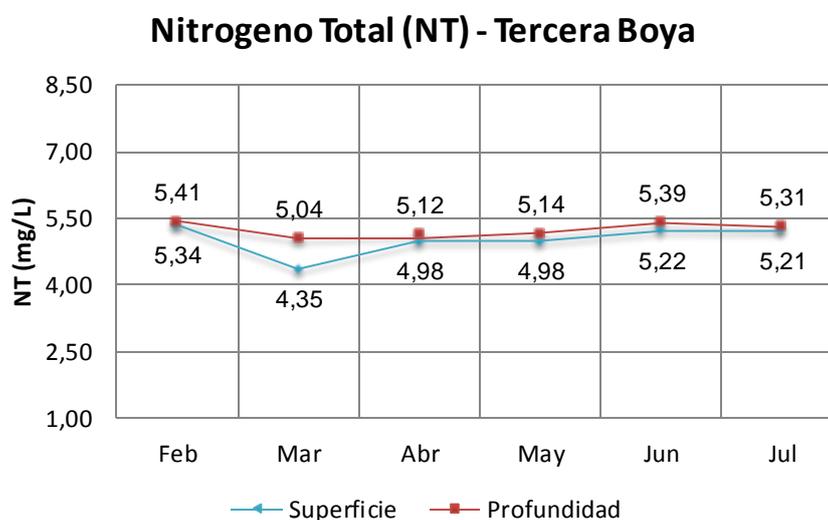
e. Tercera Boya

La mayor concentración de nitrógeno total se presenta en el mes de febrero, alcanzando valores máximos de 5,34 y 5,41 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, (Cuadro 22, gráfico 20), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó desde años anteriores.

Cuadro 22: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Tercera Boya 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	5,34	4,35	4,98	4,98	5,22	5,21
Profundidad	5,41	5,04	5,12	5,14	5,39	5,31

Gráfico 20: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Tercera Boya 2007



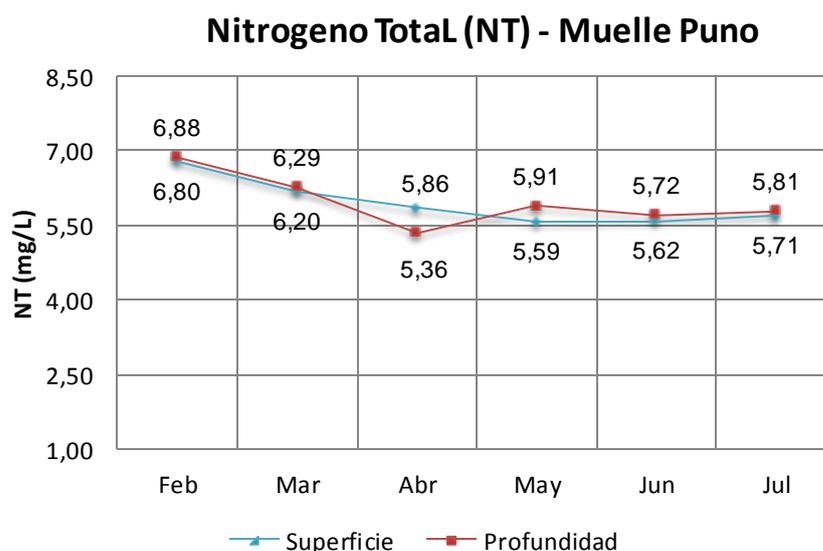
f. Muelle Puno

La mayor concentración de nitrógeno total se presenta en el mes de febrero, alcanzando valores máximos de 6.8 y 6.88 mg/L, tanto en la superficie como en la profundidad del lago, que corresponde a la estación de estiaje, datos que corresponden al 2007 (Cuadro 23, gráfico 21), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó desde el 2003 en que alcanzaba valores de 0.46 y 0.36 mg/L, 2004 0.44 y 0.32 mg/L, 2006 0.56 y 0.6 mg/L, a nivel de superficie y profundidad.

Cuadro 23: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Muelle Puno 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	6,80	6,20	5,86	5,59	5,62	5,71
Profundidad	6,88	6,29	5,36	5,91	5,72	5,81

Gráfico 21: Nitrógeno Total (NT), Línea Centro, Muelle Puno 2007



C. LÍNEA SUR

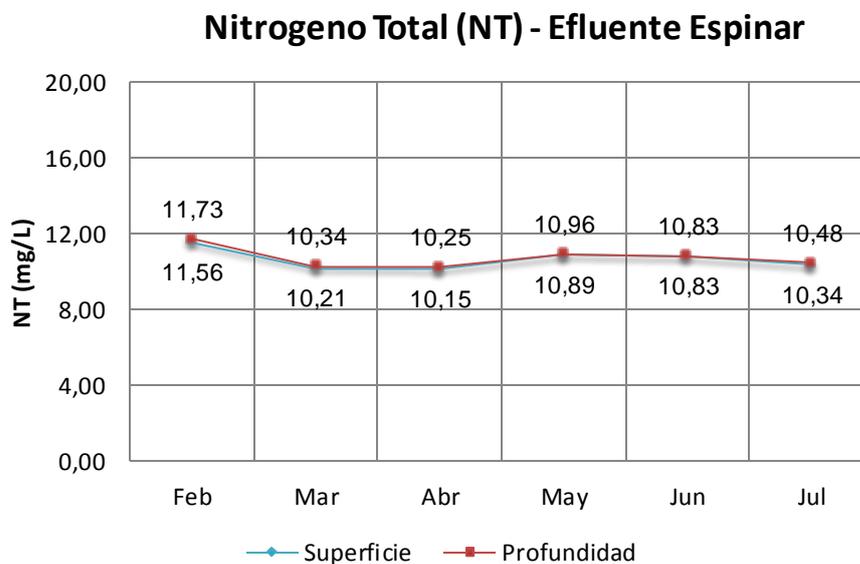
a. Efluente PTAR Espinar

En la línea sur el 2007 presenta alta concentración de nitrógeno total durante todo el año, superando los 10 mg/L, tanto en la superficie y profundidad del lago, los valores máximos encontrados son de 11.56 y 11,73 a nivel de superficie y profundidad en el mes de febrero (Cuadro 24 y Gráfico 22).

Cuadro 24: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Efluente Espinar 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	11,56	10,21	10,15	10,89	10,83	10,34
Profundidad	11,73	10,34	10,25	10,96	10,83	10,48

Gráfico 22: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Efluente Espinar 2007



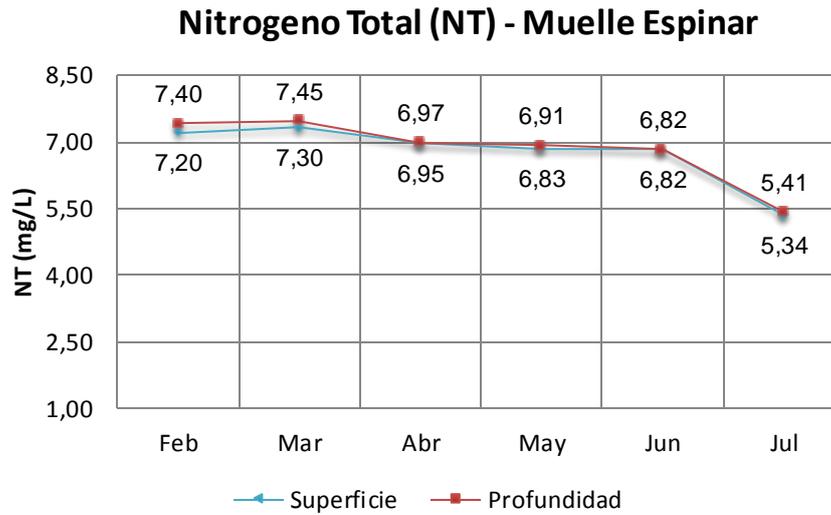
b. Muelle Espinar

En este punto de muestreo el 2007 presenta alta concentración de Nitrógeno el mes marzo con valores de 7,3 y 7,45 mg/L, a nivel de superficie y profundidad del lago respectivamente, (Cuadro 25 y gráfico 23), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó gradualmente desde 1.35 mg/L el 2005 hasta alcanzar mayores valores el 2007.

Cuadro 25: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007.

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	7,20	7,30	6,95	6,83	6,82	5,34
Profundidad	7,40	7,45	6,97	6,91	6,82	5,41

Gráfico 23: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Muelle Espinar 2007



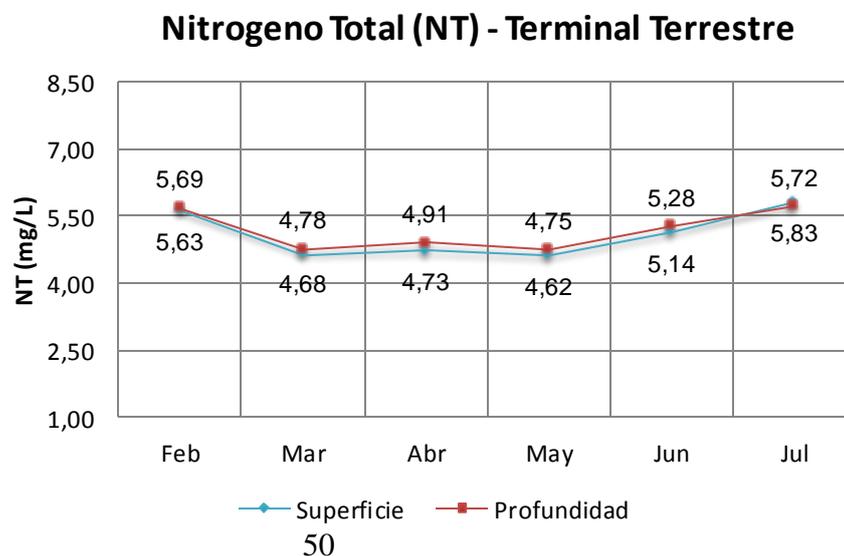
c. Terminal Terrestre

El 2007 la mayor concentración de nitrógeno total se presenta el mes de febrero 5,63 mg/L, en la superficie y 5,69 a profundidad del lago, (Cuadro 26 y gráfico 24), el incremento de las concentraciones de nutrientes se manifestó gradualmente desde el año desde el 2003 alcanzando mayores valores el 2007.

Cuadro 26: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007

N . T(mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	5,63	4,68	4,73	4,62	5,14	5,83
Profundidad	5,69	4,78	4,91	4,75	5,28	5,72

Gráfico 24: Nitrógeno Total (NT), Línea Sur, Terminal Terrestre 2007



DISCUSIÓN

El Nitrógeno es un claro indicador de la presencia de materia orgánica, tan así que su comportamiento es muy similar al de la DBO₅, concentraciones que disminuyen progresivamente de la orilla, hacia el interior del lago y variaciones en planta motivadas por la ubicación de las fuentes aportantes.

Los resultados de Nitrógeno Total en las tres líneas norte, centro y sur están asociados a las estaciones climatológicas, las mayores concentraciones se presentan en la época de lluvia que corresponde a los meses de febrero y marzo, entre 3 y 11 mg/L a nivel de superficie y más de 3 y 11 mg/L en profundidad, los menores valores se registran en la Línea Centro 2,56 y 2,40 mg/L en superficie y profundidad y la mayor concentración se presenta en la línea Sur 11,56 y 11,73 mg/L en el punto de monitoreo Efluente Espinar, superficie y profundidad respectivamente. Todos los valores superan largamente las concentraciones recomendadas de 0, 15 mg/L, considerando la relación N/P menor a 10 y el valor mínimo asumido para el P.

El Nitrógeno es acumulativo y sirve de nutriente para las micrófitas y siguiendo su ciclo biológico pasa de nitrito a nitratos. Según (Wetzel, 1975), la eutroficación, como fenómeno natural está relacionado con el envejecimiento de los cuerpos de agua, tiene aparentemente poco interés en relación con el proceso acelerado que causa perjuicios en un tiempo relativamente corto. Una vez que se establecen las condiciones de fertilización de las aguas, se rompe el equilibrio biológico causando transformaciones relativamente rápidas.

Los estudios que se han realizado al respecto han fijado que el N y P son fundamentales para el desarrollo exagerado de ciertas especies vegetales en un medio acuático (Azevedo, 1988).

Los análisis que se han realizado demuestran que existen altas concentraciones de N y P en las condiciones que favorecen el surgimiento del fenómeno de eutroficación.

Salas & Martino, (1988), también indican que en general, se considera que cuando el cociente N/P es menor a 9 ó 10, el nitrógeno es el elemento limitante y cuando N/P es mayor a 9 ó 10, el fósforo controla el proceso; cuando N/P=10 ninguno de los dos limita.

Esto está sujeto a variación según la estequiometría de las plantas; en ocasiones sólo un cociente N/P de 20 o mayor corresponde a lagos limitados por fósforo y un cociente de 5 o menor refleja sistemas limitados por nitrógeno.

4.2. PARÁMETROS FÍSICOS

Se presentan los resultados de los parámetros físicos: temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad y turbidez.

4.2.1. TEMPERATURA

Se presentan los resultados de temperatura en tres Líneas: Norte (Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca), Centro (Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno) y Sur (Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre)

A. Línea Norte

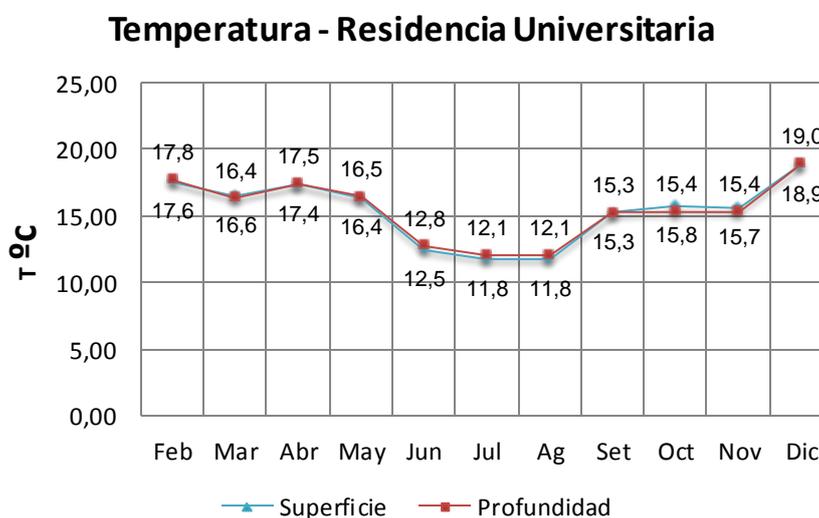
a. Entorno a Residencia de la UNA

Los valores de temperatura son muy variados, los meses de julio y agosto registran 11.8°C, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender desde el mes de septiembre 15.3° con la aparición de las primeras lluvias, llegando a 18.9°C en el mes de diciembre, datos que corresponden al 2007 (Cuadro 27, gráfico 25).

Cuadro 27: Temperatura Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	17,60	16,60	17,40	16,40	12,50	11,80	11,80	15,30	15,80	15,70	18,90
Profundidad	17,80	16,40	17,50	16,50	12,80	12,10	12,10	15,34	15,40	15,40	19,00

Gráfico 25: Temperatura Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007



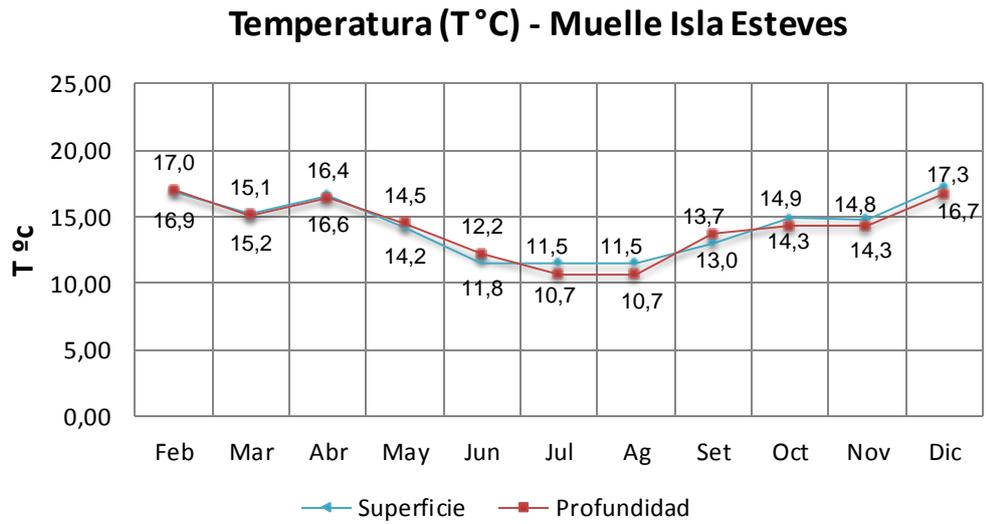
b. Muelle Isla Esteves

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio, julio y agosto con una media de 11,5°C, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender desde el mes de septiembre 13° con la aparición de las primeras lluvias, llegando a 17,3°C en el mes de diciembre, datos que corresponden al 2007 (Cuadro 28, gráfico 26), el incremento de temperatura los años anteriores corresponde a los meses de diciembre y las bajas temperaturas a los meses de estiaje.

Cuadro 28: Temperatura Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,90	15,20	16,60	14,20	11,80	11,50	11,50	13,00	14,90	14,80	17,30
Profundidad	17,90	15,10	16,40	14,50	12,20	10,65	10,65	13,70	14,30	14,30	16,70

Gráfico 26: Temperatura Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007



c. Isla Blanca

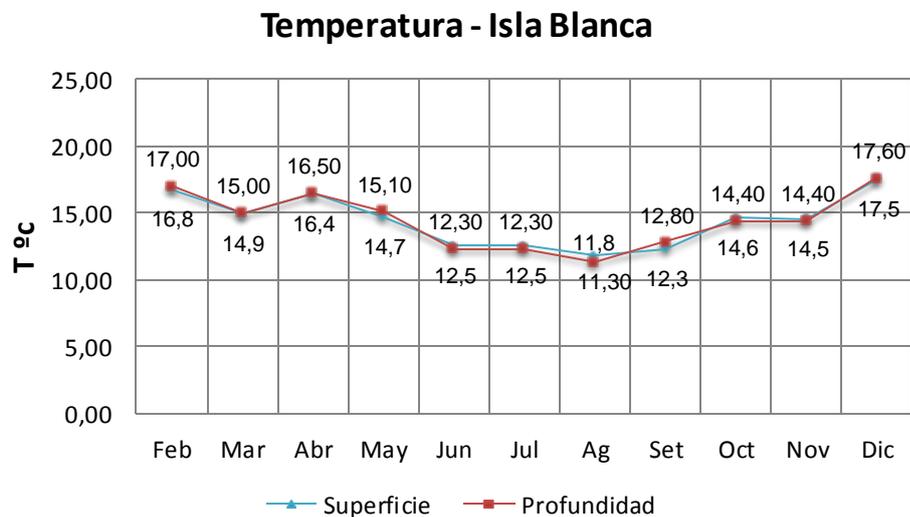
En el mes de agosto se registra la temperatura más baja con 11,8°C, diciembre registra temperaturas de 17,5°C, (Cuadro 29, Gráfico 27).

El incremento de temperatura de los años anteriores corresponde a los meses de diciembre y las bajas temperaturas a los meses de estiaje.

Cuadro 29: Temperatura Línea Norte, Isla Blanca 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,80	14,90	16,40	14,70	12,50	12,50	11,80	12,30	14,60	14,50	17,50
Profundidad	17,00	15,00	16,50	15,10	12,30	12,30	11,30	12,80	14,40	14,40	17,60

Gráfico 27: Temperatura Línea Norte, Isla Blanca 2007



B. Línea Centro

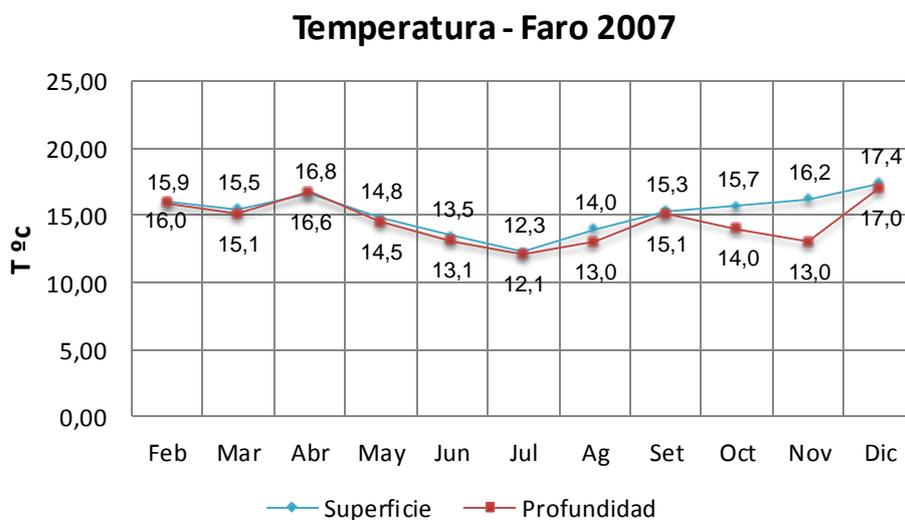
a. Faro

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio y julio con 13.5 y 12.3°C respectivamente, (Cuadro 30, gráfico 28), el incremento de temperatura se da 17,40°C en el mes de Diciembre con valores de 17,40 y 17 °C para superficie y profundidad respectivamente.

Cuadro 30: Temperatura, Línea Centro, Faro 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Set	Dic
Superficies	16,00	15,50	16,60	14,80	13,50	12,30	15,30	17,40
Profundidad	15,90	15,10	16,80	14,50	13,10	12,10	14,00	17,00

Gráfico 28: Temperatura, Línea Centro, Faro 2007



b. Captación de Agua Potable

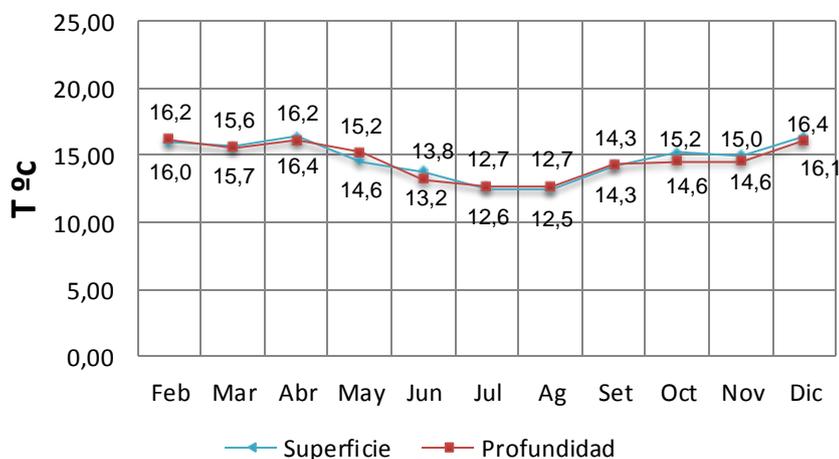
Las temperaturas bajas se registran los meses de junio, julio y agosto con una media de 13.8, 12.6 y 12.5°C, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender desde el mes de septiembre 14.3° con la aparición de las primeras lluvias, llegando a 16.44°C en el mes de diciembre, (Cuadro 31, gráfico 29).

Cuadro 31: Temperatura Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,00	15,70	16,40	14,60	13,80	12,60	12,50	14,30	15,20	15,00	16,44
Profundidad	16,20	15,60	16,15	15,20	13,20	12,70	12,70	14,31	14,60	14,60	16,10

Gráfico 29: Temperatura, Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007

Temperatura - Captación de Agua Potable



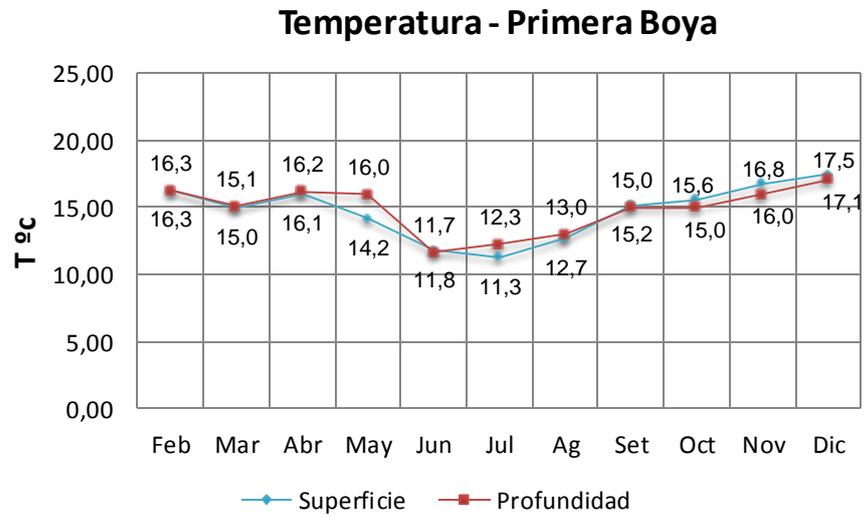
c. Primera Boya

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio y julio con 11.8 y 11.3°C respectivamente, (Cuadro 32, gráfico 30), el incremento de temperatura se da en el mes de Diciembre 17,5 y 17,10°C para superficie y profundidad.

Cuadro 32: Temperatura, Línea Centro, Primera Boya 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,30	15,00	16,05	14,20	11,80	11,30	12,70	15,20	15,60	16,80	17,50
Profundidad	16,30	15,10	16,20	16,00	11,70	12,30	13,00	15,00	15,00	16,00	17,10

Gráfico 30: Temperatura, Línea Centro, Primera Boya 2007



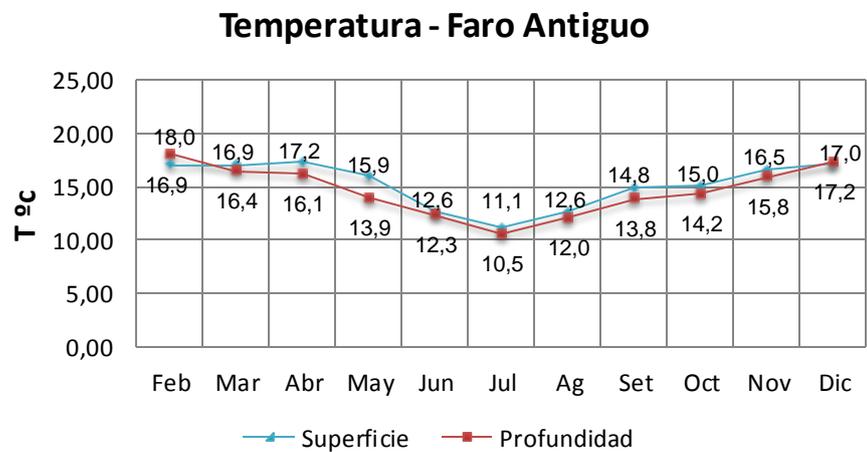
d. Faro antiguo

Las temperaturas bajas se registran los meses de julio y junio con 12,6 y 11,1°C respectivamente, (Cuadro 33, gráfico 31), el incremento de temperatura se da en el mes de diciembre con 17°C.

Cuadro 33: Temperatura, Línea Centro, Faro antiguo 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Set	Dic
Superficies	16,9	16,9	17,2	15,9	12,6	11,1	14,8	17,0
Profundidad	18,0	16,4	16,1	13,9	12,3	10,5	15,2	17,2

Gráfico 31: Temperatura, Línea Centro, Faro antiguo 2007



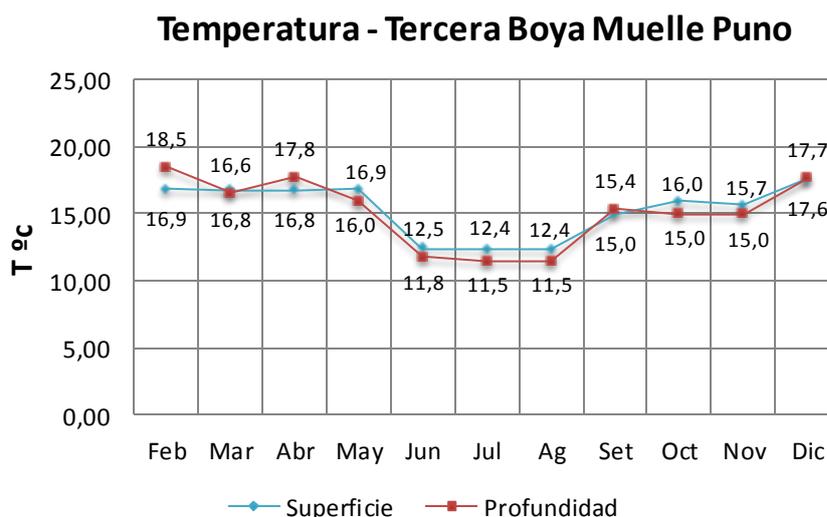
e. Tercera Boya

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio, julio y agosto con una media de 12.5, 12.4 y 12.4°C respectivamente, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender desde el mes de septiembre 15° con la aparición de las primeras lluvias, llegando a 17.6 y 17,7°C para superficie y profundidad en el mes de diciembre, (Cuadro 34, gráfico 32).

Cuadro 34: Temperatura Línea Centro, Tercera Boya 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,90	16,80	16,80	16,90	12,50	12,40	12,40	15,00	16,00	15,70	17,60
Profundidad	18,50	16,60	17,80	16,00	11,80	11,50	11,50	15,40	15,00	15,00	17,70

Gráfico 32: Temperatura Línea Centro, Tercera Boya 2007



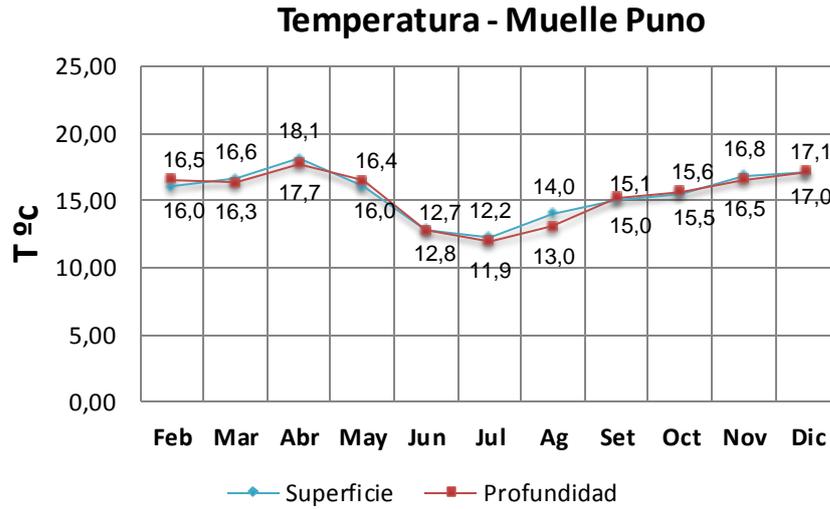
e. Muelle Puno

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio y julio con 12.6 y 12.2°C respectivamente, incrementándose hasta 17.04 y 17.12 ° el mes de diciembre, para superficie y profundidad respectivamente, datos que corresponden al 2007 (Cuadro 35, gráfico 33), el incremento de temperatura los años anteriores corresponde al mes de diciembre y las bajas temperaturas a los meses de estiaje.

Cuadro 35: Temperatura, Línea Centro, Muelle Puno 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	16.00	16.60	18.10	16.00	12.80	12.20	14.00	15.03	15.50	16.80	17.04
Profundidad	16.50	16.30	17.70	16.40	12.70	11.90	13.00	15.14	15.60	16.50	17.12

Gráfico 33: Temperatura, Línea Centro, Muelle Puno 2007



B. Línea Sur

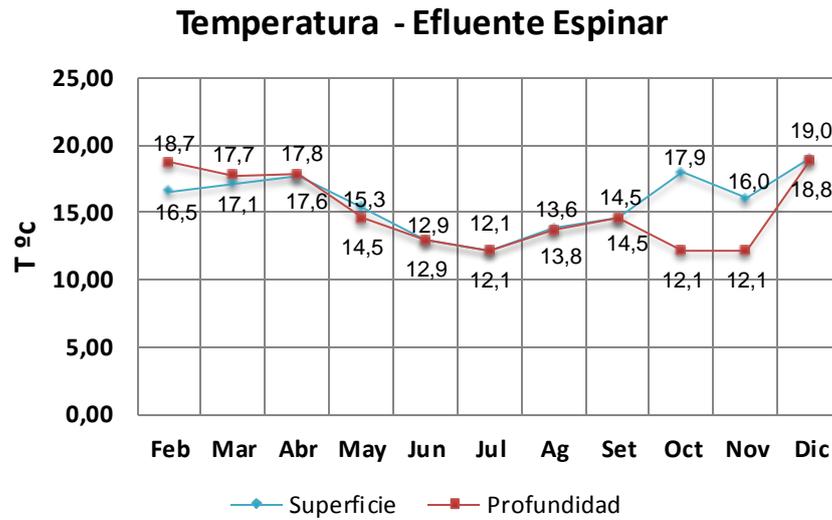
a. Efluente PTAR Espinar

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio y julio con una media de 12.9, y 12.1°C respectivamente, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender paulatinamente desde el mes de agosto, llegando a 19°C en el mes de diciembre, (Cuadro 36, gráfico 34).

Cuadro 36: Temperatura Línea Sur, Efluente Espinar. 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,50	17,10	17,60	15,30	12,90	12,10	13,80	14,50	17,90	16,00	19,00
Profundidad	18,70	17,70	17,80	14,50	12,90	12,10	13,60	14,51	12,10	12,10	18,80

Gráfico 34: Temperatura Línea Sur, Efluente PTAR Espinar. 2007



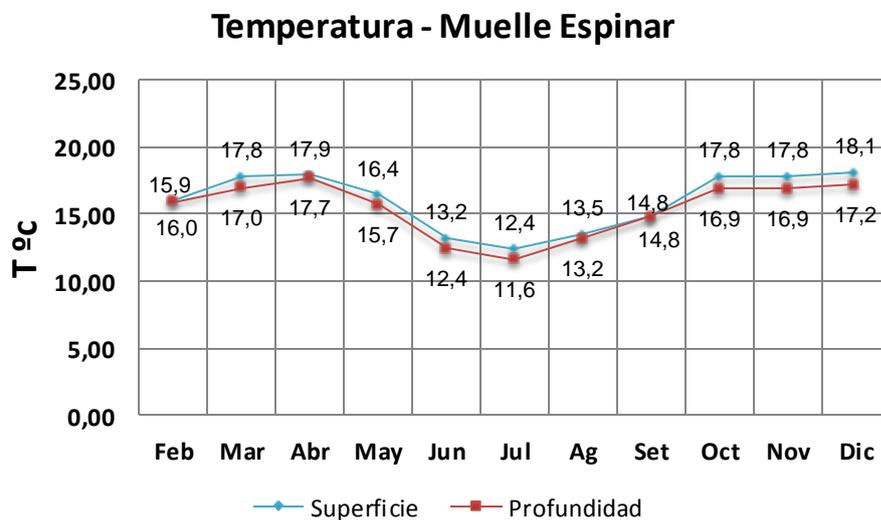
b. Muelle Espinar

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio, julio y agosto con medias de 13,2, 12,4 y 13,5°C respectivamente, que corresponde a la estación de estiaje Junio, Julio y Agosto respectivamente y empieza a ascender paulatinamente desde el mes de septiembre desde 14,8, hasta 18,1°C en el mes de diciembre, (Cuadro 37, gráfico 35).

Cuadro 37: Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,00	17,80	17,90	16,40	13,20	12,40	13,50	14,80	17,80	17,80	18,10
Profundidad	15,90	16,95	17,70	15,70	12,40	11,60	13,20	14,83	16,90	16,90	17,20

Gráfico 35: Temperatura Línea Sur, Muelle Espinar 2007



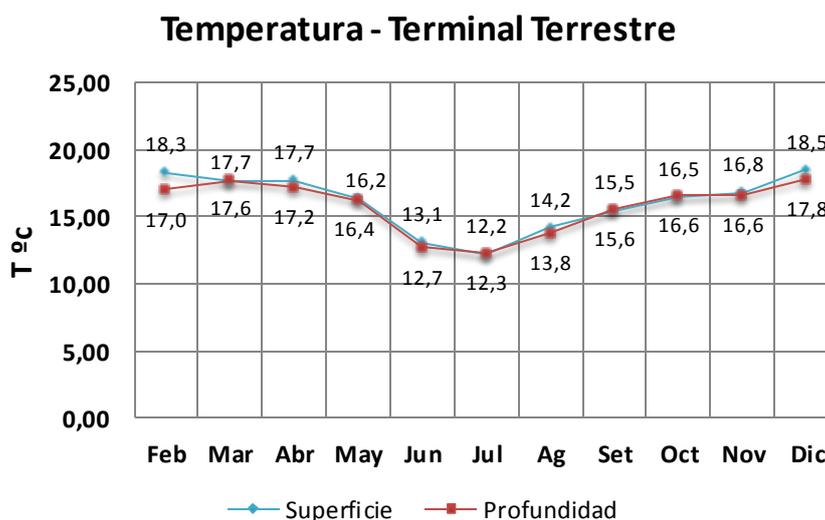
c. Terminal Terrestre

Las temperaturas bajas se registran los meses de junio y julio con medias de 13.1 y 12.2°C respectivamente, que corresponde a la estación de estiaje y empieza a ascender paulatinamente desde el mes de septiembre desde 16.5 hasta 18.3°C en el mes de diciembre, (Cuadro 38, gráfico 36).

Cuadro 38: Temperatura Línea Sur, Terminal Terrestre 2007

T °C	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	18,30	17,64	17,70	16,40	13,10	12,20	14,20	15,50	16,50	16,80	18,50
Profundidad	17,00	16,70	17,20	16,20	12,70	12,30	13,80	15,55	16,60	16,60	17,80

Gráfico 36: Temperatura Línea Sur, Terminal Terrestre 2007



DISCUSIÓN

En las tres líneas de monitoreo se registran temperaturas bajas en los meses de junio, julio y agosto con medias desde 11 a 13.5°C, que corresponden a la estación de invierno y que empiezan a ascender paulatinamente desde el mes de septiembre desde 14 hasta 19°C en el mes de diciembre.

Cabe hacer notar que la eutrofización se da en rangos de temperatura óptima de 8 a 15°C, y está también asociada a la concentración de nutrientes. (Northcote et al. 1991).

La Temperatura, por tanto, sigue una distribución estacional aumentando y disminuyendo según el calentamiento y el enfriamiento de la masa de agua. En áreas de menor profundidad de agua (orillas), el calentamiento es más alto, situación que se aprecia según los resultados obtenidos en las tres líneas de monitoreo norte, centro y sur (entre 18°C, 17°C y 16 °C respectivamente).

4.2.2. pH

Se presentan los resultados de pH en tres Líneas: Norte (Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca), Centro (Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno) y Sur (Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre)

A. Línea Norte

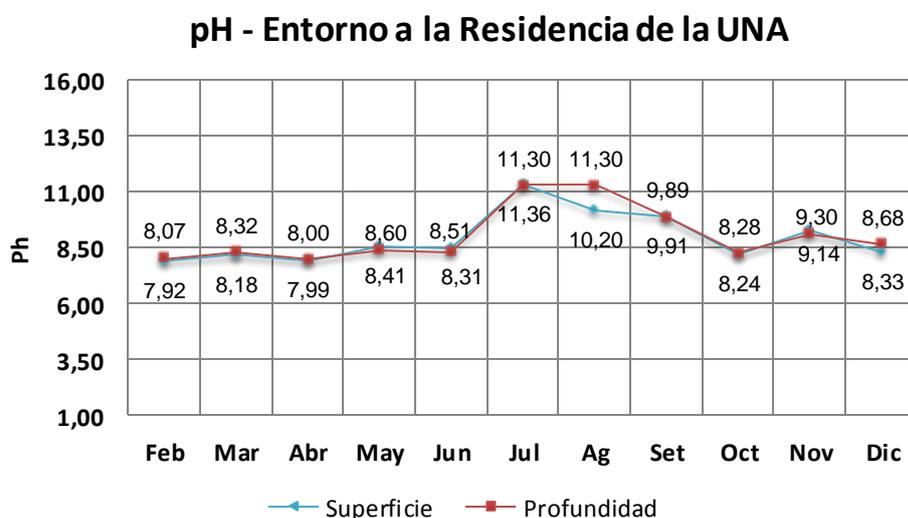
a. Entorno a Residencia de la UNA

En los resultados de pH el año 2007, se observa que son aguas alcalinas en diferentes grados desde 7.92 en el mes de febrero hasta 11.36 en el mes de julio.

Cuadro 39: pH. Línea Norte, Entorno a la Residencia de la UNA 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,92	8,18	7,99	8,60	8,51	11,36	10,20	9,91	8,24	9,30	8,33
Profundidad	8,07	8,32	8,00	8,41	8,31	11,30	11,30	9,89	8,28	9,14	8,68

Gráfico 37: pH. Línea Norte, Entorno a la Residencia de la UNA 2007



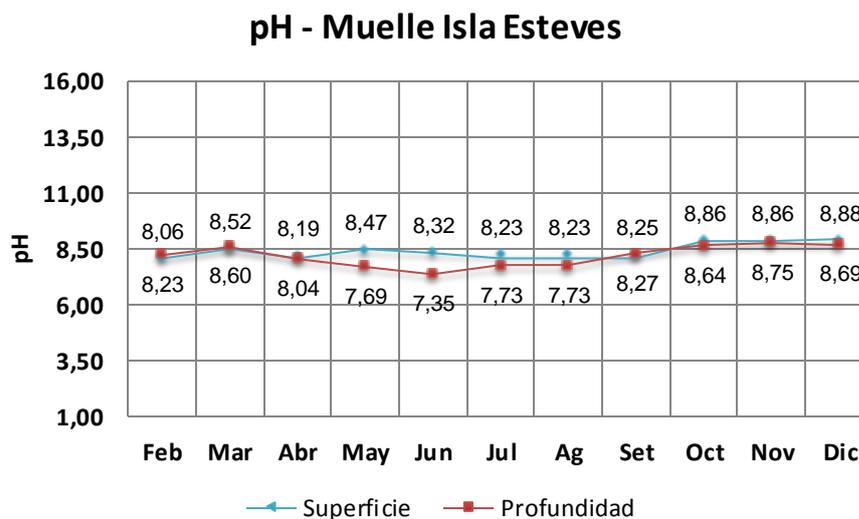
b. Muelle Isla Esteves

En los resultados de pH también se observa que se trata de aguas alcalinas ya que sus valores fluctúan entre 8.06 en el mes de febrero y 8.88 en el mes de diciembre, los años anteriores el pH también mostraron valores alcalinos entre 8 y 9. (Cuadro 40 y gráfico 38)

Cuadro 40: pH. Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,06	8,52	8,19	8,47	8,32	8,23	8,23	8,25	8,86	8,86	8,88
Profundidad	8,23	8,6	8,04	7,69	7,35	7,73	7,73	8,27	8,64	8,75	8,69

Gráfico 38: pH. Línea Norte, Muelle isla Esteves 2007



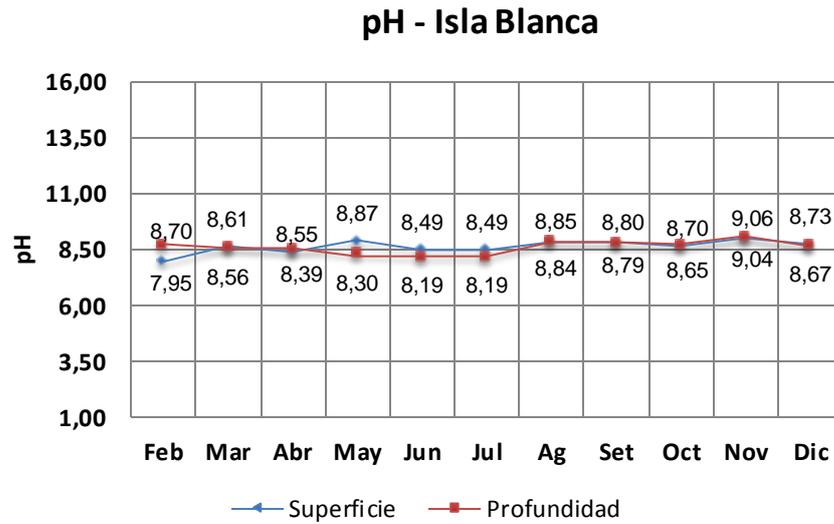
c. Isla Blanca

En los resultados de pH, se observa que también son aguas alcalinas que fluctúan desde 7.95 en el mes de febrero hasta 9.04 en el mes de noviembre. (Cuadro 41, gráfico 39).

Cuadro 41: pH. Línea Norte, Isla Blanca 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,95	8,61	8,39	8,87	8,49	8,49	8,84	8,79	8,65	9,04	8,73
Profundidad	8,70	8,56	8,55	8,30	8,19	8,19	8,85	8,80	8,70	9,06	8,67

Grafico 39: pH. Línea Norte, Isla Blanca 2007



B. Línea Centro

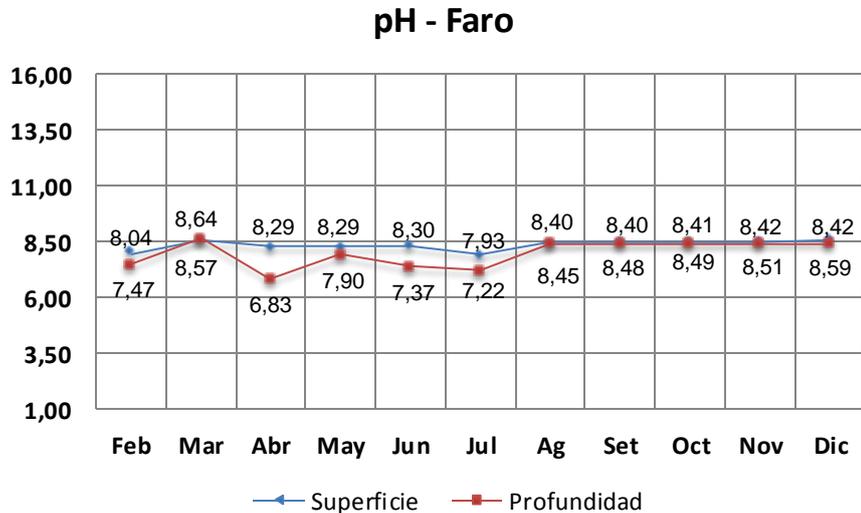
a. Faro

En los resultados de pH el año 2007, se observa que son aguas alcalinas que fluctúan desde 8,04 y 7,47 en el mes de febrero hasta 8,59 y 8,42 en el mes de diciembre. (Cuadro 42, gráfico 40).

Cuadro 42: pH. Línea Centro, Faro 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,04	8,57	8,29	8,29	8,30	7,93	8,45	8,48	8,49	8,51	8,59
Profundidad	7,47	8,64	6,83	7,90	7,37	7,22	8,40	8,40	8,41	8,42	8,42

Gráfico 40: pH. Línea Centro, Faro 2007



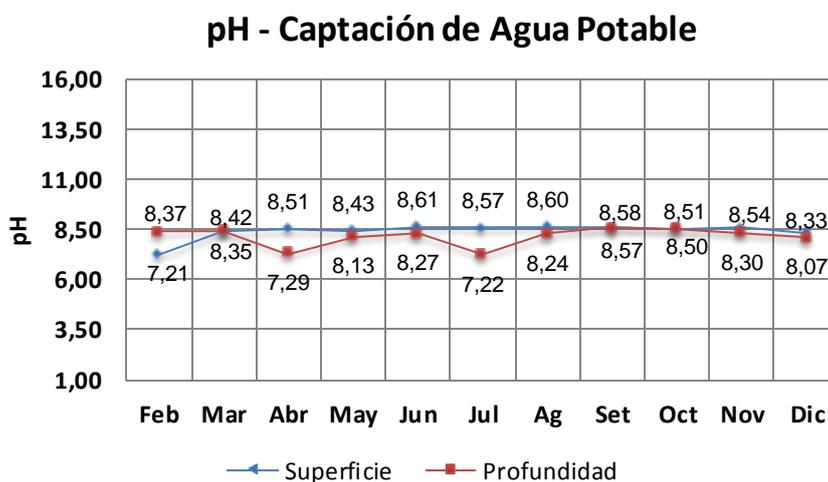
b. Captación de agua potable

En los resultados de pH, se observa que también son aguas alcalinas presentando valores de con 7.21 en el mes de febrero, y un máximos de 8,60 en el mes de agosto (Cuadro 43, gráfico 41).

Cuadro 43: pH. Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,21	8,35	8,51	8,43	8,61	8,57	8,60	8,57	8,50	8,54	8,33
Profundidad	8,37	8,42	7,29	8,13	8,27	7,22	8,24	8,58	8,51	8,30	8,07

Gráfico 41: pH. Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007



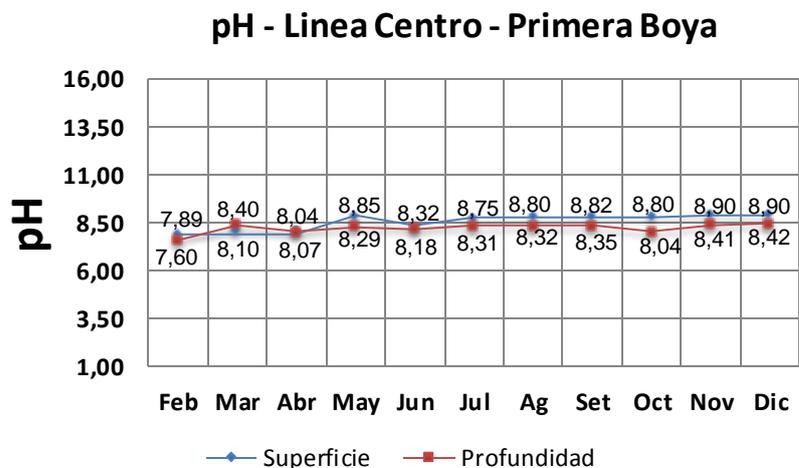
c. Primera Boya

En los resultados de pH, se observa que son aguas con tendencia alcalina, que fluctúan desde 7.89 en el mes de febrero hasta 8.90 en el mes de diciembre. (Cuadro 44, gráfico 42).

Cuadro 44: pH. Línea Centro, Primera Boya 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,89	8,10	8,07	8,85	8,32	8,75	8,80	8,82	8,80	8,90	8,90
Profundidad	7,60	8,40	8,04	8,29	8,18	8,31	8,32	8,35	8,04	8,41	8,42

Gráfico 42: pH. Línea Centro, Primera Boya 2007



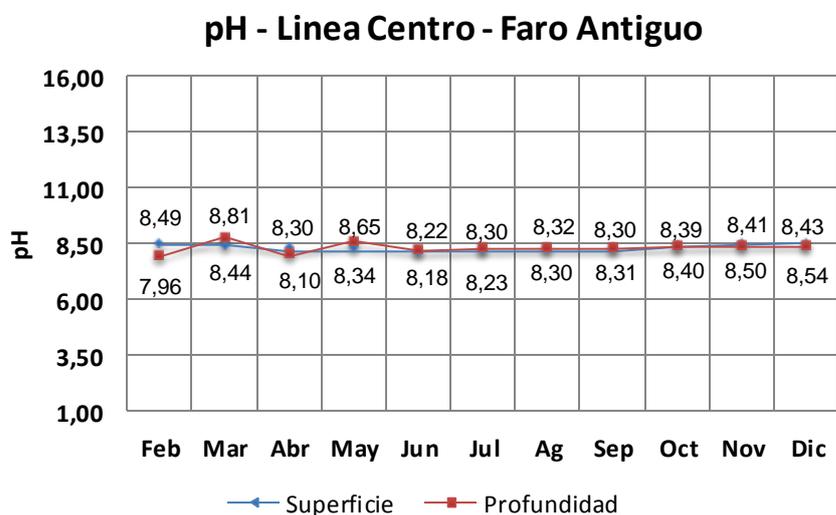
d. Faro Antigo

Los resultados de las determinaciones pH muestran, se observa que son aguas alcalinas con valores que fluctúan desde 8.18 hasta 8.54 tanto en aguas superficiales como profundas, teniendo información que los años anteriores también se obtuvieron fueron resultados alcalinos. (Cuadro 45, gráfico 43).

Cuadro 45: pH. Línea Centro, Faro Antigo.2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,49	8,44	8,30	8,34	8,18	8,23	8,30	8,31	8,40	8,50	8,54
Profundidad	7,96	8,81	8,10	8,65	8,22	8,30	8,32	8,30	8,39	8,41	8,43

Gráfico 43: pH. Línea Centro, Faro Antigo. 2007



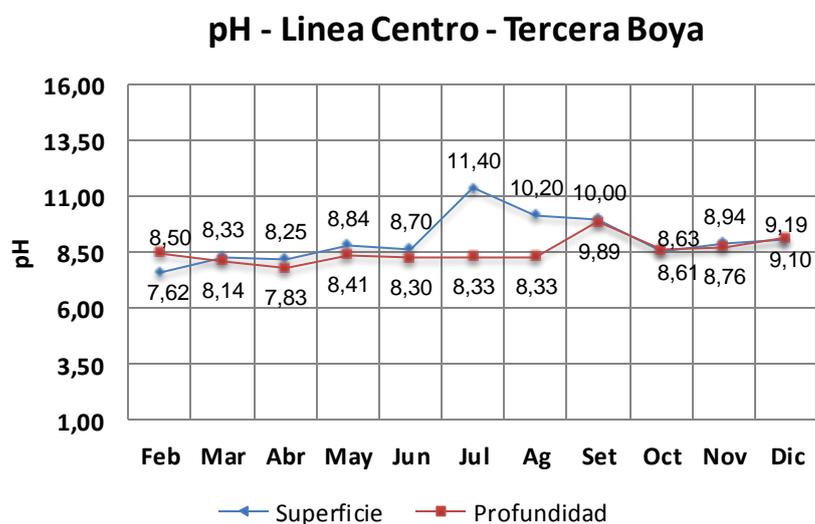
e. Tercera Boya

Los resultados nos demuestran que son aguas alcalinas, en este punto de muestreo se encuentra valores altos como 11.4 en el mes de julio el 2007, lo mismo sucede los años anteriores que manifiestan la alcalinidad elevándose paulatinamente cada año. (Cuadro 46, gráfico 44)

Cuadro 46: pH. Línea Centro, Tercera boya. 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,62	8,33	8,25	8,84	8,70	11,40	10,20	10,00	8,61	8,94	9,10
Profundidad	8,50	8,14	7,83	8,41	8,30	8,33	8,33	9,89	8,63	8,76	9,19

Gráfico 44: pH. Línea Centro, Tercera Boya. 2007



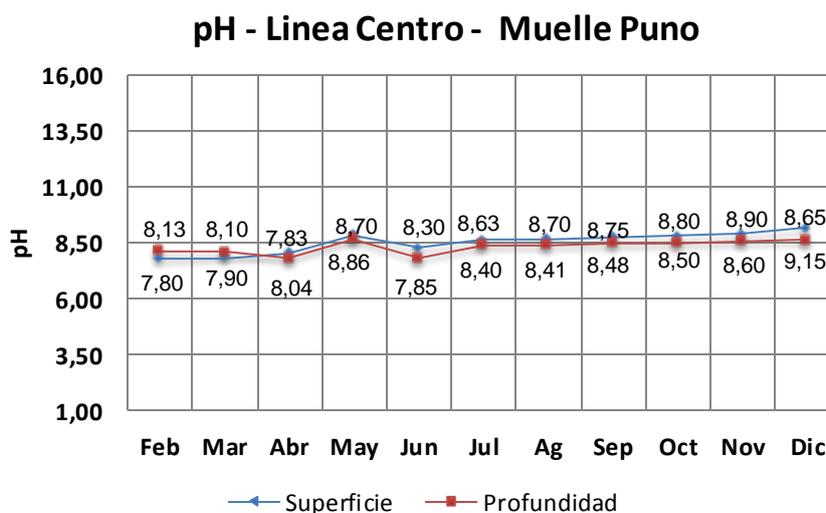
f. Muelle Puno

En los resultados de pH del año 2007, se observa que son aguas de tendencia alcalina con valores que fluctúan desde 7.8 hasta 8.86 es decir son aguas alcalinas, tanto en superficie como profundidad, teniendo información que los años anteriores los resultados fueron similares. (Cuadro 47, gráfico 45).

Cuadro 47: pH. Línea Centro. Muelle Puno. 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,8	7,9	8,04	8,86	8,3	8,63	8,70	8,75	8,80	8,90	9,15
Profundidad	8,13	8,1	7,83	8,7	7,85	8,4	8,41	8,48	8,50	8,60	8,65

Gráfico 45: pH. Línea Centro. Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

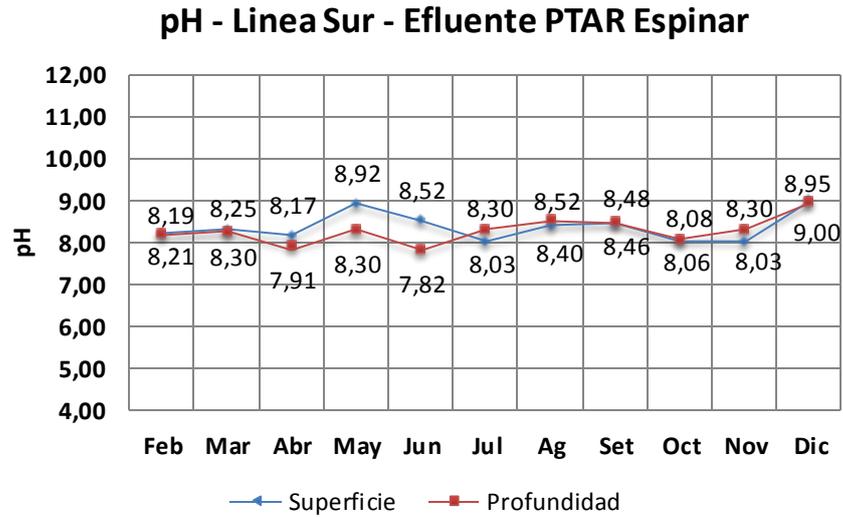
a. Efluente PTAR Espinar

En los resultados de pH en este punto de muestreo el año 2007, se observa que son aguas desde alcalinas con valores fluctúan desde 8,03 en el mes de julio hasta 9 en el mes de diciembre, tanto en aguas superficiales como profundas (Cuadro 48, gráfico 46).

Cuadro 48: pH. Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,21	8,30	8,17	8,92	8,52	8,03	8,40	8,46	8,06	8,03	9,00
Profundidad	8,19	8,25	7,91	8,30	7,82	8,30	8,52	8,48	8,08	8,30	8,95

Gráfico 46: pH. Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007



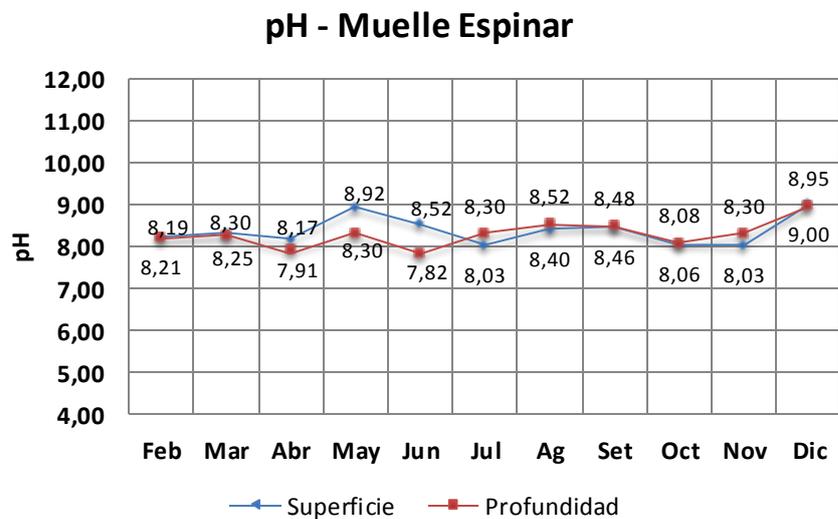
b. Muelle Espinar.

En los resultados de pH en este punto de muestreo, se observa que son aguas alcalinas con valores que fluctúan desde 8.04 en el mes de febrero hasta 9.23 en el mes de noviembre se trata por tanto de alcalinas, tanto en superficie como en profundidad (Cuadro 49, gráfico 47).

Cuadro 49: pH. Línea Sur. Muelle Espinar. 2007

pH	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,04	8,36	8,10	8,82	8,55	8,41	8,36	8,39	8,82	9,23	9,06
Profundidad	7,47	8,34	7,75	8,63	8,29	8,36	8,41	8,40	8,83	9,15	9,17

Gráfico 47: pH. Línea Sur. Muelle Espinar. 2007



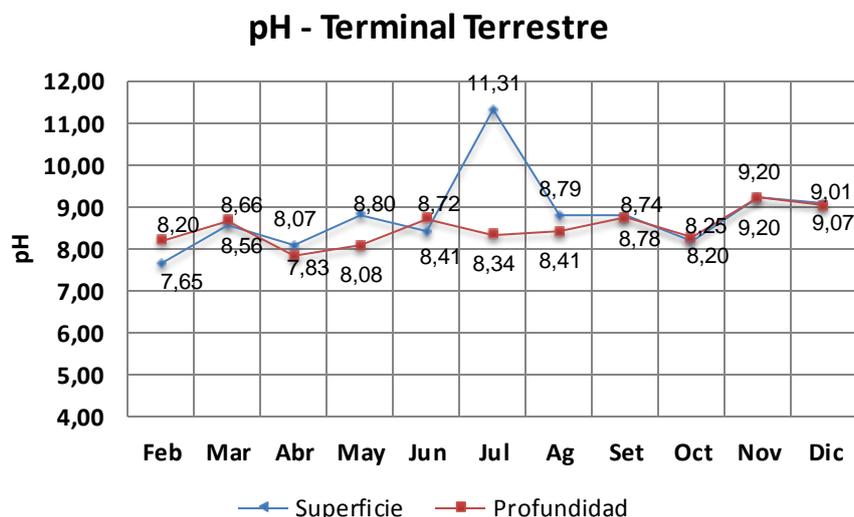
c. Terminal terrestre

En los resultados de pH en este punto de muestreo, se observa que son aguas desde ligeramente alcalinas con valores fluctúan desde 7.65 en el mes de febrero hasta 9.2 en el mes de noviembre, tanto en aguas superficiales como profundas (Cuadro 50, gráfico 48).

Cuadro 50: pH. Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007

Ph	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,65	8,56	8,07	8,80	8,41	11,31	8,79	8,78	8,20	9,20	9,07
Profundidad	8,20	8,66	7,83	8,08	8,72	8,34	8,41	8,74	8,25	9,20	9,01

Gráfico 48: pH. Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007



DISCUSIÓN

El pH en las líneas de muestreo Norte, Centro y Sur, presentan una ligera variación entre superficie y profundidad con valores de tendencia alcalina que fluctúan desde 7.6 hasta 11,4 en la línea Centro (Tercera Boya) y 7,65 a 11,31 en la línea Sur (Terminal Terrestre), tanto en aguas superficiales como en aguas profundas, lo que indica la naturaleza alcalina del agua del lago como consecuencia de la escorrentía sobre suelos arcillosos y sobre rocas calcáreas. (Miranda. *et al.* 1991).

Estos resultados se atribuyen al elevado crecimiento del fitoplancton en las orillas cuya descomposición hace que se consuma el CO_2 y HCO_3 , produciendo el incremento

del pH y el desplazamiento del sistema carbónico y carbonato. (Soria, Miracle y Vicente. 1987).

4.2.3. S.T.D (mg/L)

A. Línea Norte

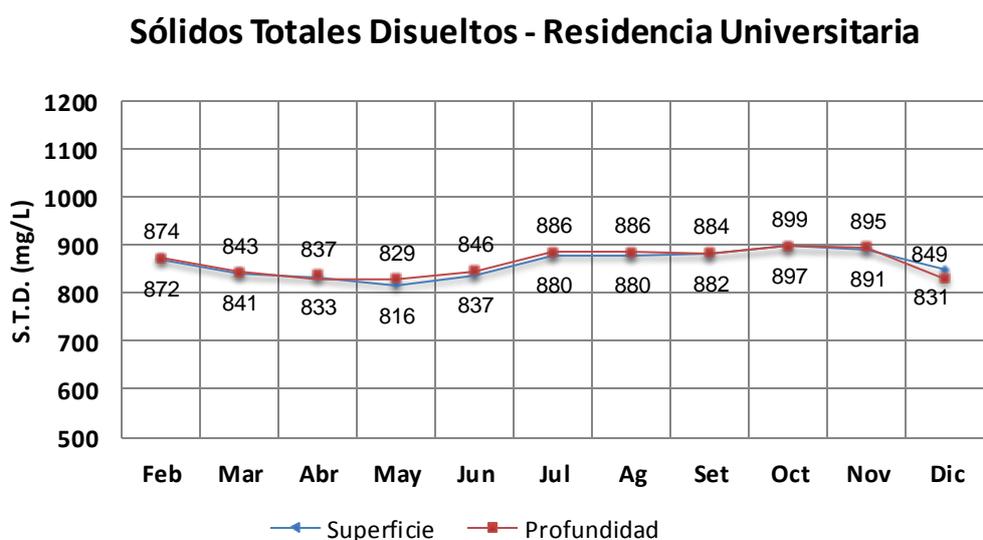
a. Entorno a Residencia de la UNA

La evaluación realizada, nos demuestra que existen altas concentraciones de sólidos totales disueltos (S.T.D.), es decir supera los 800 mg/L, durante todo el año tanto para aguas superficiales como para aguas profundas, este incremento ha sido gradual desde el año 2004, donde alcanzaba valores de 548 mg/L y su posterior incremento. (Cuadro 51, Ggáfico 49).

Cuadro 51: S.T.D. Línea Norte. Entorno a la Residencia de la UNA. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	872	841	833	816,	837	880	880	882	897	891	849
Profundidad	874	843	837	829	846	886	886	884	899	895	831

Gráfico 49: S.T.D. Línea Norte. Entorno a la Residencia de la UNA. 2007



b. Muelle Isla Esteves

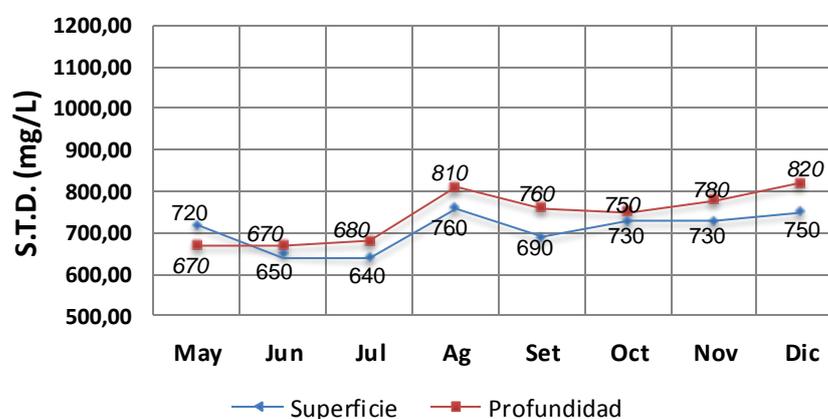
La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen altas concentraciones de sólidos totales disueltos (S.T.D.), en los meses de junio y julio registran concentraciones de 640 y 650 mg/L, en los meses de noviembre y octubre 730 y 750 mg/L, respectivamente, notándose un incremento gradual desde años anteriores. (Cuadro 52, gráfico 50).

Cuadro 52: S.T.D. Línea Norte. Muelle Isla Esteves.2007

S.T.D (mg/L)	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	720	650	640	760	690	730	730	750
Profundidad	670.	670	680	810	760	750	780	820

Gráfico 50: S.T.D. Línea Norte. Muelle Isla Esteves. 2007

Sólidos Totales Disueltos (STD) - Muelle Isla Esteves



c. Isla Blanca

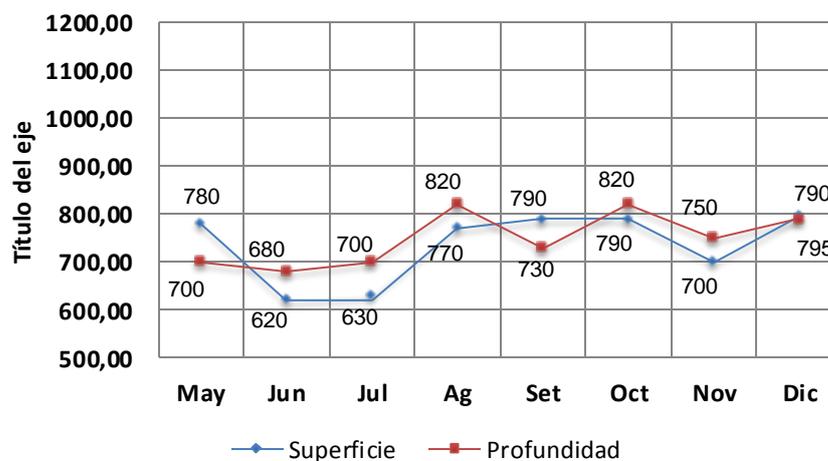
La evaluación realizada en este punto de muestreo para el año 2007, nos demuestra que existen concentraciones de sólidos totales disueltos (S.T.D.), en los meses de junio y julio registran concentraciones de 620 y 630 mg/L, para los meses de noviembre y diciembre 795 mg/L, (Cuadro 53, gráfico 51).

Cuadro 53: S.T.D. Línea Norte. Isla Blanca. 2007

S.T.D (mg/L)	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	780	620	630	770	790	790	700	795
Profundidad	700	680	700	820	730	820	750	790

Gráfico 51: S.T.D. Línea Norte. Isla Blanca. 2007

Sólidos Totales Disueltos (STD) - Isla Blanca



B. Línea Centro

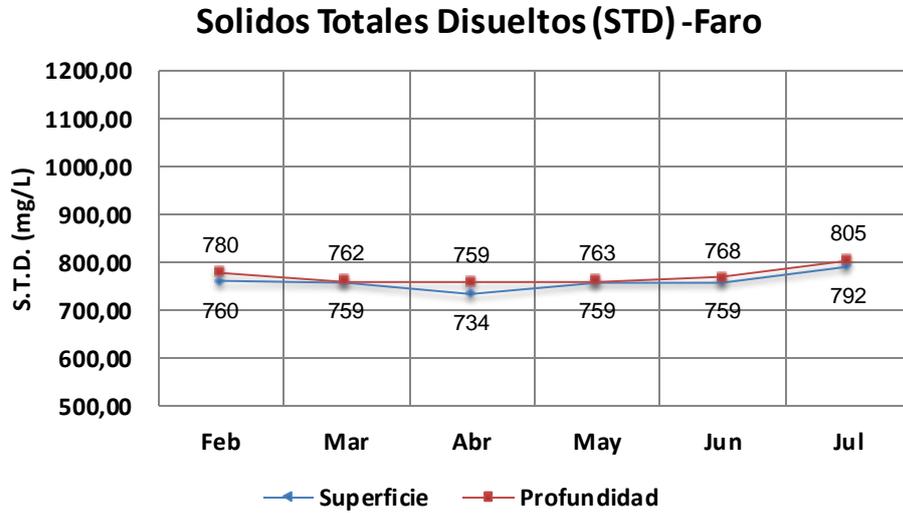
a. Faro

La evaluación realizada, nos demuestra que existen altas concentraciones de sólidos totales disueltos (S.T.D.), es decir supera los 700 mg/L, durante todo el año tanto para aguas superficiales como para aguas profundas. (Cuadro 54, gráfico 52).

Cuadro 54: S.T.D. Línea Centro. Faro. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	760	759	734	759	759	792
Profundidad	780	762	759	763	768	805

Gráfico 52: S.T.D. Línea Centro. Faro. 2007



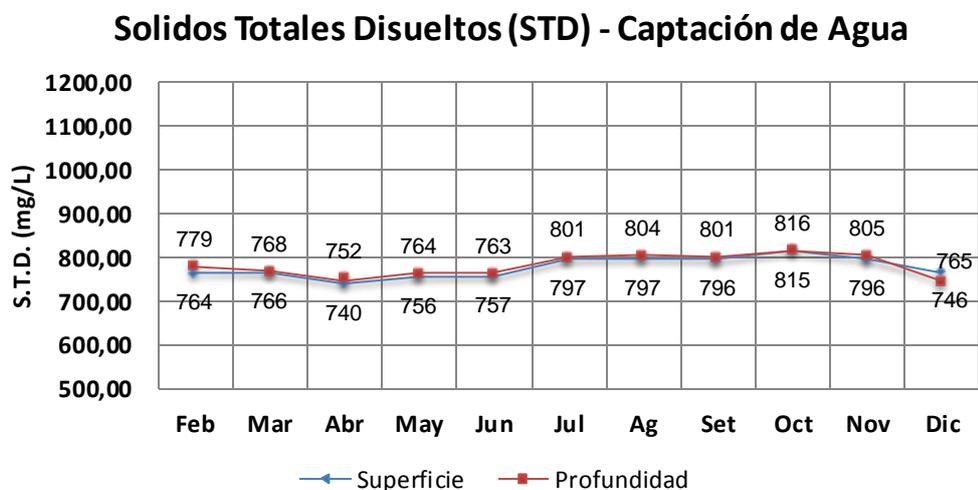
b. Captación de agua potable

La evaluación realizada, nos demuestra que existen altas concentraciones de solidos totales disueltos (S.T.D.), es decir supera los 800 mg/L (Cuadro 55, gráfico 53).

Cuadro 55: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Captación de Agua. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	764	766	740	756	757	797	797	796	815	796	765
Profundidad	779	768	752	764	763	801	804	801	816	805	746

Gráfico 53: S.T.D.(mg/L). Línea Centro. Captación de Agua. 2007



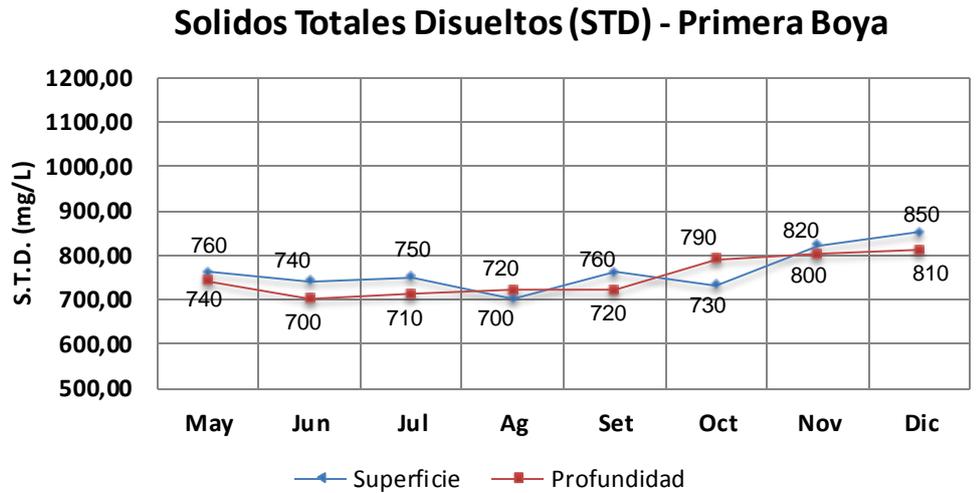
c. Primera Boya

La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 700 mg/L de solidos totales disueltos (S.T.D.), (Cuadro 56, gráfico 54).

Cuadro 56: S.T.D. (mg/L).Línea Centro. Primera Boya. 2007

S.T.D (mg/L)	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	760	740	750	700	760	730	820	850
Profundidad	740	700	710	720	720	790	800	810

Gráfico 54: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Primera Boya. 2007



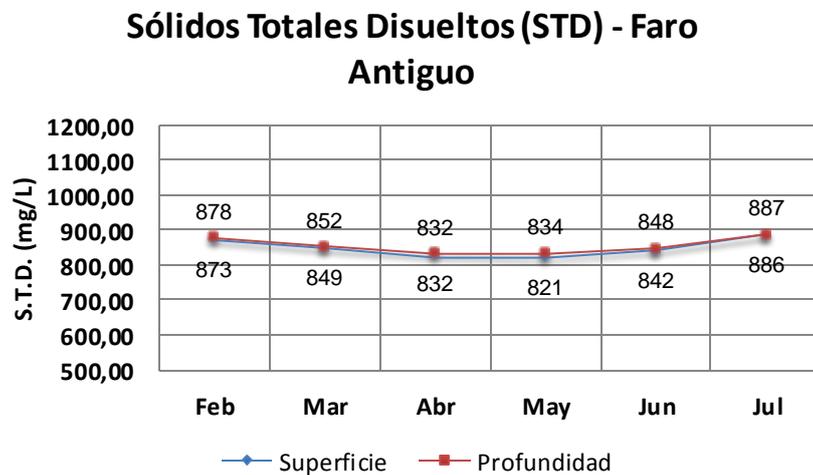
d. Faro Antiguo

La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 800 mg/L de sólidos totales disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas. (Cuadro 57, gráfico 55).

Cuadro 57: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	873	849	832	821	842	886
Profundidad	878	852	832	834	848	887

Gráfico 55: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007



e. Tercera Boya

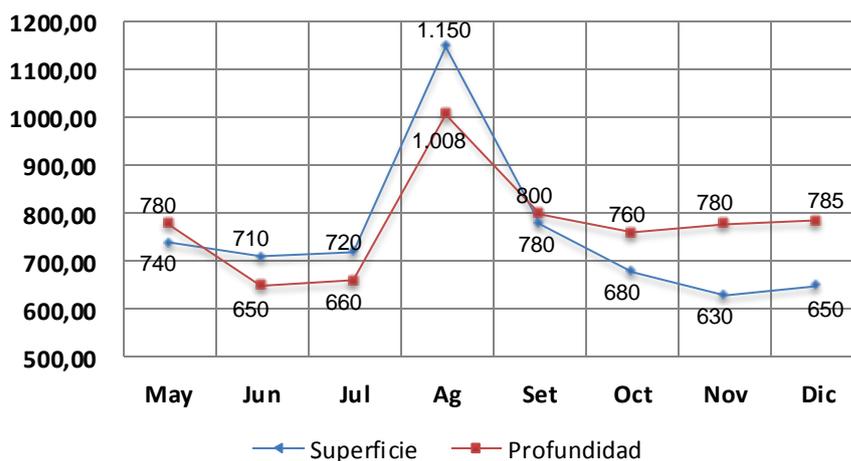
La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 700 mg/L de solidos totales disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas, en el mes de agosto se registró una alta concentración que alcanzo a 1150 mg/L de (S.T.D.), el incremento de estas concentraciones se manifiestan desde años anteriores. (Cuadro 58, gráfico 56).

Cuadro 58: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Tercera Boya. 2007

S.T.D (mg/L)	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	740	710	720	1150	780	680	630	650
Profundidad	780	650	660	1008	800	760	780	785

Gráfico 56: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Tercera Boya. 2007

Solidos Totales Disueltos (STD) - Tercera Boya



f. Muelle Puno

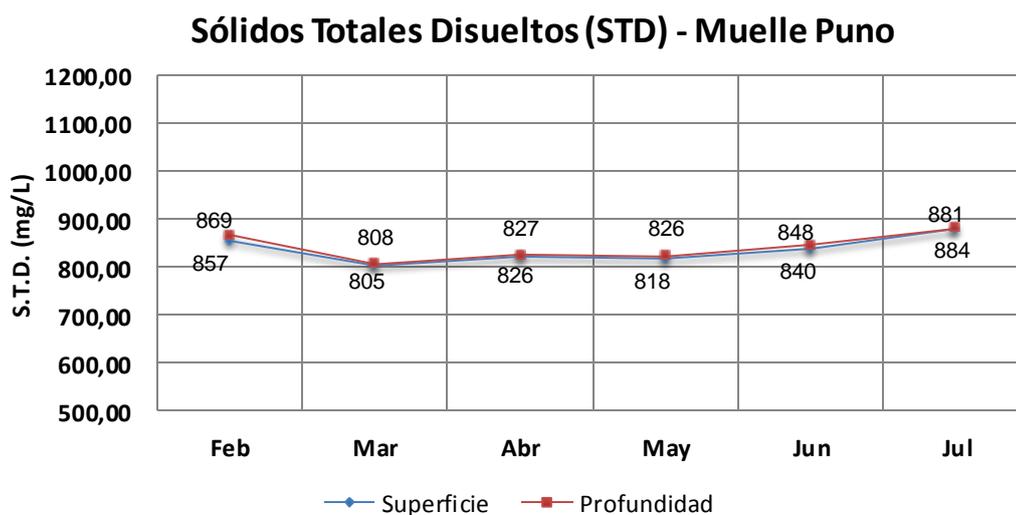
La evaluación realizada, en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 800 mg/L de solidos totales

disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas, (Cuadro 59, gráfico 57).

Cuadro 59: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Muelle Puno. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	857	805	826	818	840	881
Profundidad	869	808	827	826	848	884

Gráfico 57: S.T.D. (mg/L). Línea Centro. Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

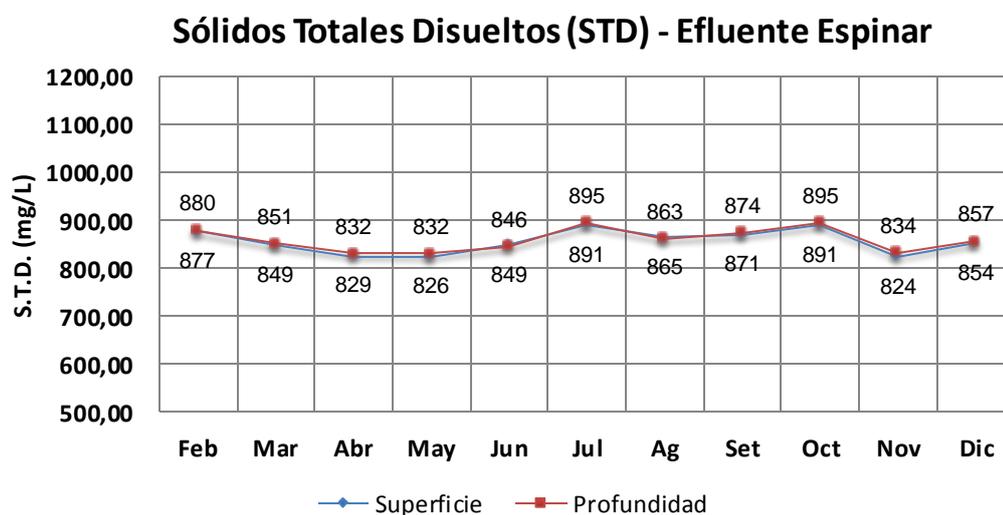
a. Efluente PTAR Espinar

La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 800 mg/L de solidos totales disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas, (Cuadro 60 gráfico 58).

Cuadro 60: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	877	849	829	826	849	891	865	871	891	824	854
Profundidad	880	851	832	832	846	895	863	874	895	834	857

Gráfico 58: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007



b. Muelle Espinar

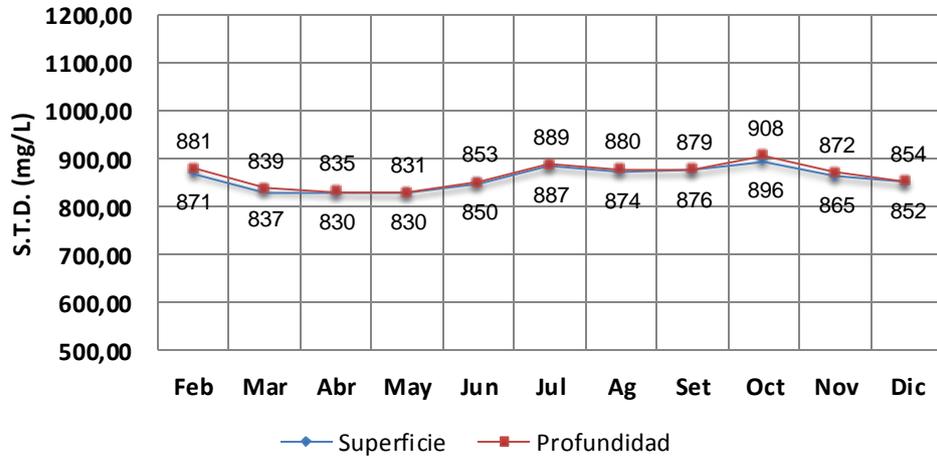
La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 800 mg/L de solidos totales disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas (Cuadro 61, gráfico 59).

Cuadro 61: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007

S.T.D (mg/L)	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
Superficies	870	837	830	830	850	887	874	876	896	865	852
Profundidad	881	839	835	831	853	889	880	879	908	872	854

Gráfico 59: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007

Sólidos Totales Disueltos (STD) - Muelle Espinar



c. Terminal Terrestre

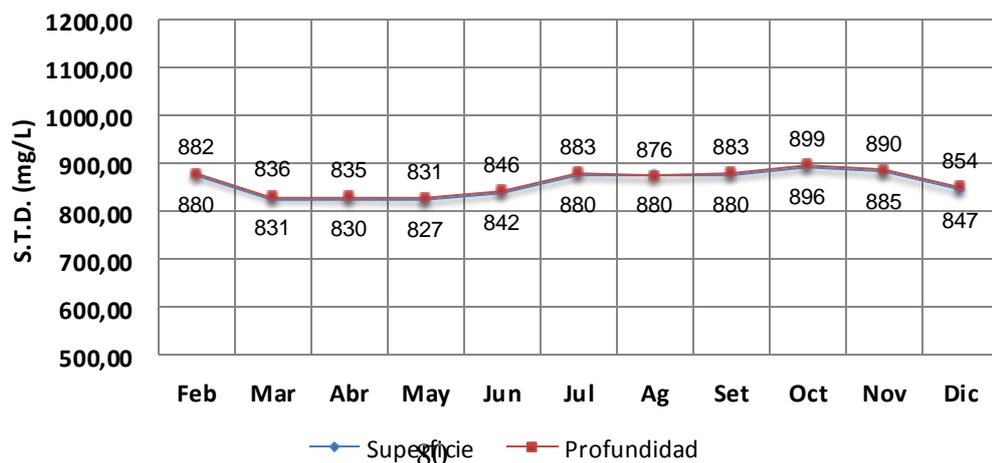
La evaluación realizada en este punto de muestreo, nos demuestra que existen concentraciones que superan los 800 mg/L de solidos totales disueltos (S.T.D.) tanto en aguas superficiales como en aguas profundas (Cuadro 62, gráfico 60).

Cuadro 62: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007

S.T.D (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	880	831	830	827	842	880	880	880	896	885	847
Profundidad	882	836	835	831	846	883	876	883	899	890	854

Gráfico 60: S.T.D. (mg/L). Línea Sur. Terminal Terrestre 2007

Sólidos Totales Disueltos (STD) - Terminal Terrestre



DISCUSIÓN

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) en profundidad tienen comportamiento parecido al OD, N, P y turbidez en cuanto a sus variaciones y su presencia se incrementa aunque de manera poco significativa, conforme se avanza hacia el Lago Mayor. La cantidad de STD en el agua es una consideración importante para el uso doméstico, valores menores de 500 mg/L son los adecuados para este propósito. Los Sólidos Totales Disueltos (S.T.D.) en las líneas de muestreo Norte, Centro y Sur, presentan valores con concentración relativamente altas en la línea Norte supera los 620 mg/L, línea Centro más de 700 mg/L y línea Sur más de 800 mg/L y a mayor profundidad la concentración de sólidos es ligeramente mayor.

Las aguas con alto contenido de STD tienen un efecto laxante y algunas veces el efecto inverso. (Sawyer, McCarty y Parkin 2 001).

4.2.4. CONDUCTIVIDAD

A. Línea Norte

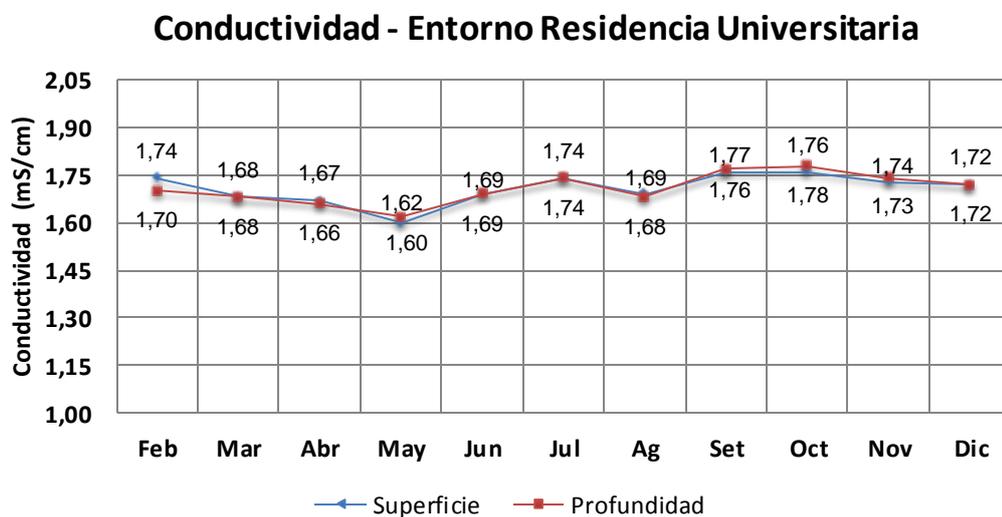
a. Entorno a Residencia de la UNA

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de setiembre a diciembre, coincidente con el verano lluvioso típico de la altiplanicie, alcanzando valores que superan 1.70 de (mS/cm). (Cuadro 63, gráfico 61).

Cuadro 63: Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,74	1,68	1,67	1,60	1,69	1,74	1,69	1,76	1,76	1,73	1,72
Profundidad	1,70	1,68	1,66	1,62	1,69	1,74	1,68	1,77	1,78	1,74	1,72

Gráfico 61: Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA 2007



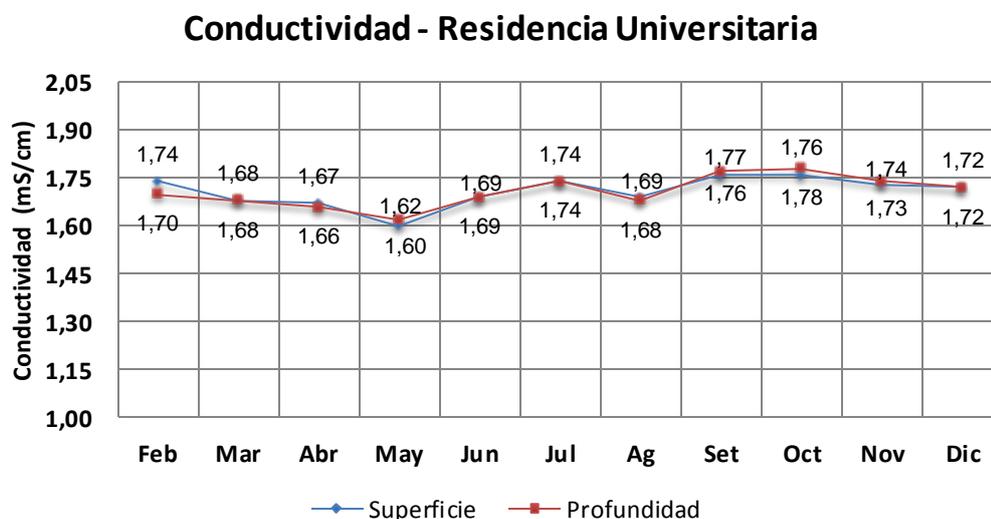
b. Muelle Isla Esteves

Aquí también los mayores valores de conductividad se presentan los meses de setiembre a diciembre, coincidente con el verano lluvioso típico de la altiplanicie, alcanzando valores que superan 1.7 de (mS/cm). (Cuadro 64, gráfico 62).

Cuadro 64: Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,80	1,64	1,65	1,61	1,71	1,73	1,71	1,73	1,78	1,78	1,78
Profundidad	1,74	1,64	1,67	1,60	1,78	1,72	1,71	1,72	1,78	1,76	1,78

Gráfico 62: Conductividad (mS/cm). Línea Norte, Muelle Isla Esteves 2007



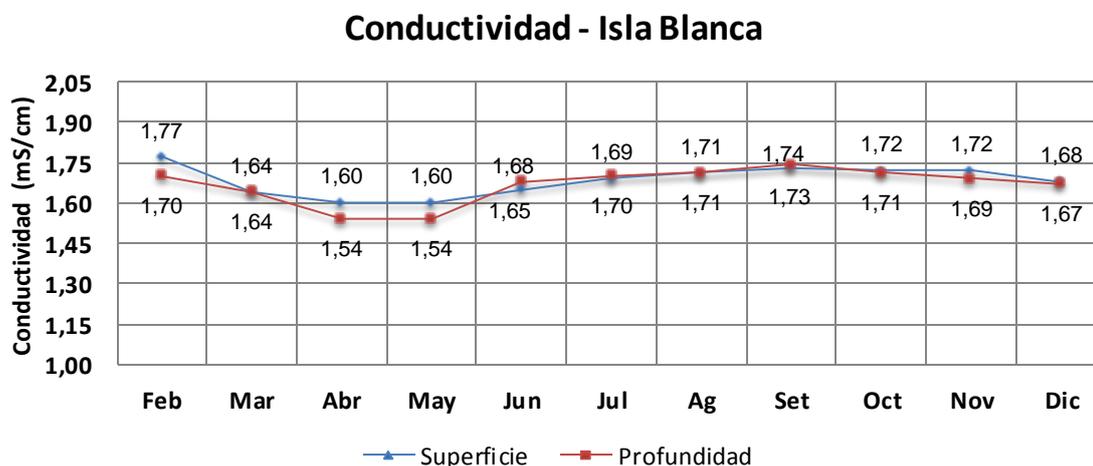
c. Isla Blanca

La situación es similar a las líneas anteriores, los mayores valores de conductividad se presentan los meses de agosto a noviembre, coincidente con el verano lluvioso típico de la altiplanicie, alcanzando valores que superan 1.7 de (mS/cm). (Cuadro 66, gráfico 63).

Cuadro 65: Conductividad (mS/cm). Línea Norte. Isla Blanca. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,77	1,64	1,60	1,6	1,65	1,69	1,71	1,73	1,72	1,72	1,68
Profundidad	1,7	1,64	1,54	1,54	1,68	1,7	1,71	1,74	1,71	1,69	1,67

Gráfico 63: Conductividad (mS/cm). Línea Norte. Isla Blanca. 2007



B. Línea Centro

a. Faro

En este punto de muestreo la conductividad alcanza valores máximos de 1.53 (mS/cm), el mes de julio. (Cuadro 66, gráfico 64).

Cuadro 66: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	1.50	1.50	1.48	1.48	1.51	1.53
Profundidad	1.56	1.47	1.50	1.45	1.53	1.54

Gráfico 64: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro. 2007



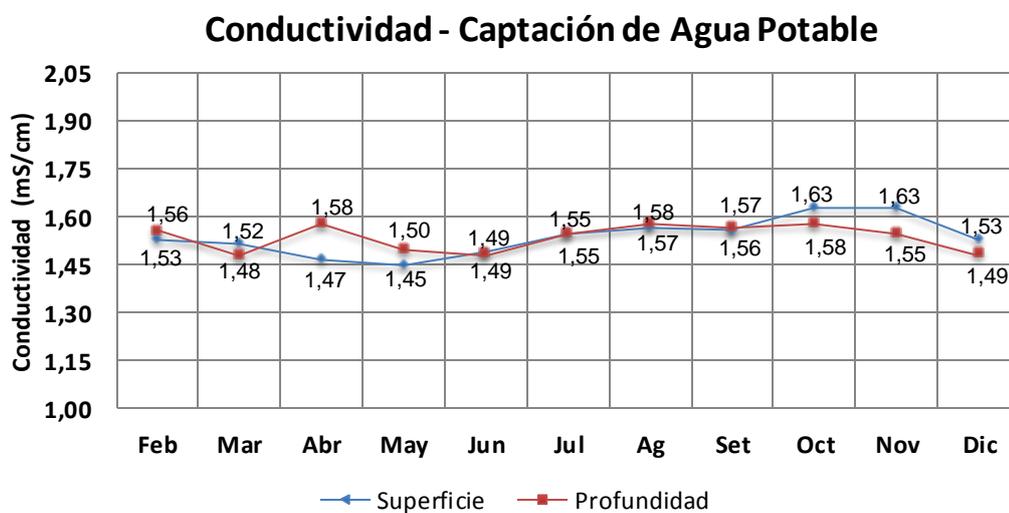
b. Captación de Agua Potable

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de agosto a noviembre, coincidente con el verano lluvioso típico de la altiplanicie, alcanzando valores que superan 1.6 de mS/cm. (Cuadro 67, gráfico 65).

Cuadro 67: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Captación de Agua. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,53	1,52	1,47	1,45	1,49	1,55	1,57	1,56	1,63	1,63	1,53
Profundidad	1,56	1,48	1,58	1,5	1,49	1,55	1,58	1,57	1,58	1,55	1,49

Gráfico 65: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Captación de Agua Potable 2007



c. Primera Boya

En el mes de febrero alcanza el valor máximo de 1.73 mS/cm tanto en la superficie como en aguas profundas. (Cuadro 68, gráfico 66).

Cuadro 68: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Primera Boya. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	1.73	1.65	1.65	1.51	1.63	1.69
Profundidad	1.73	1.65	1.61	1.58	1.69	1.69

Gráfico 66: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Primera Boya. 2007



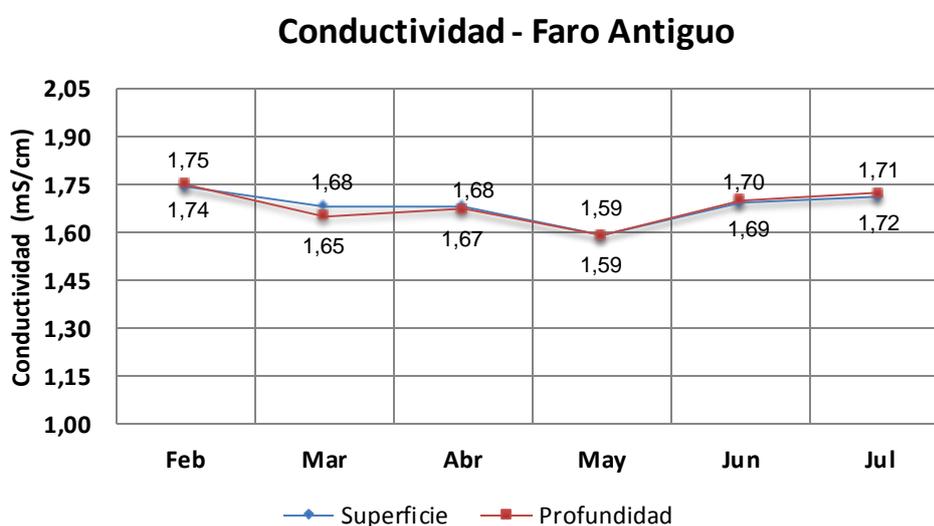
d. Faro antiguo

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de febrero, alcanzando valores que superan 1.7 de mS/cm (Cuadro 69, gráfico 67).

Cuadro 69: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	1.74	1.68	1.68	1.59	1.69	1.71
Profundidad	1.75	1.65	1.67	1.59	1.70	1.72

Gráfico 67: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Faro Antiguo. 2007



e. Tercera Boya

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de octubre y noviembre, alcanzando valores de 1.83 mS/cm. (Cuadro 70, gráfico 68)

Cuadro 70: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Tercera Boya. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,75	1,67	1,66	1,67	1,68	1,74	1,73	1,74	1,83	1,83	1,69
Profundidad	1,74	1,67	1,68	1,57	1,69	1,73	1,74	1,73	1,83	1,79	1,69

Gráfico 68: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Tercera Boya. 2007



f. Muelle Puno

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de febrero y diciembre del 2007, alcanzando valores de 1.83 mS/cm. (Cuadro 71, gráfico 69).

Cuadro 71: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Muelle Puno. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	1.83	1.64	1.66	1.57	1.69	1.73
Profundidad	1.70	1.64	1.71	1.58	1.67	1.73

Gráfico 69: Conductividad (mS/cm). Línea Centro. Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

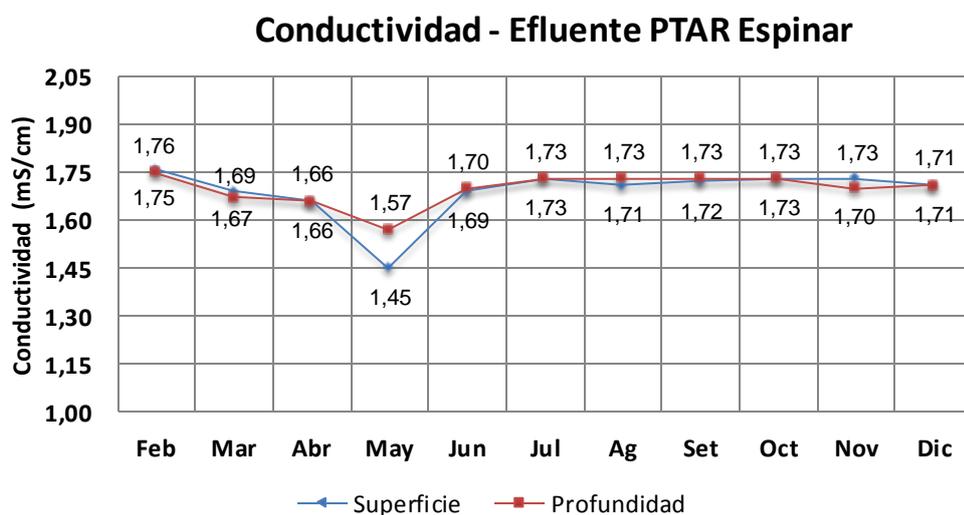
a. Efluente PTAR Espinar

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de julio a diciembre, alcanzando valores que superan los 1.7mS/cm. (Cuadro 72, gráfico 70).

Cuadro 72: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,76	1,69	1,66	1,45	1,69	1,73	1,71	1,72	1,73	1,73	1,71
Profundidad	1,75	1,67	1,66	1,57	1,70	1,73	1,73	1,73	1,73	1,70	1,71

Gráfico 70: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007



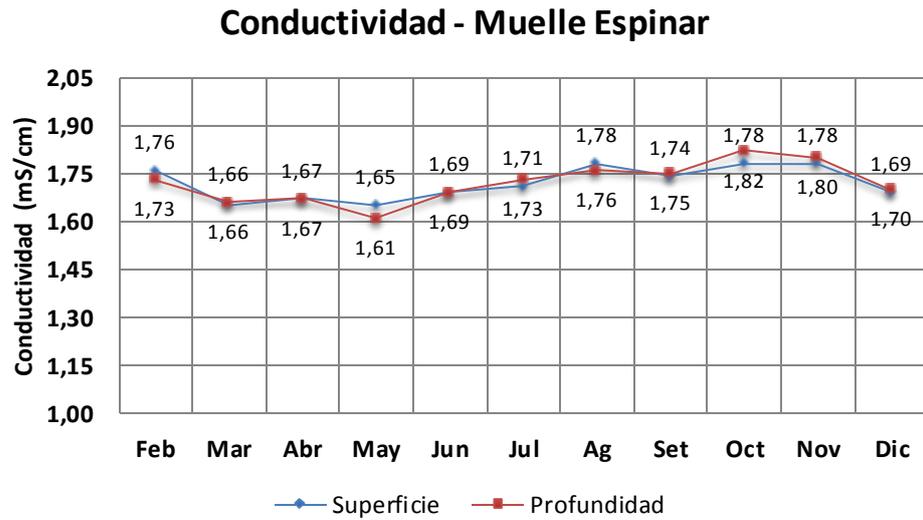
b. Muelle Espinar

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de julio a noviembre, alcanzando valores que superan los 1.7 mS/cm. (Cuadro 73, gráfico 71).

Cuadro 73: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,76	1,66	1,67	1,65	1,69	1,71	1,78	1,74	1,78	1,78	1,69
Profundidad	1,73	1,66	1,67	1,61	1,69	1,73	1,76	1,75	1,82	1,80	1,70

Gráfico 71: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007



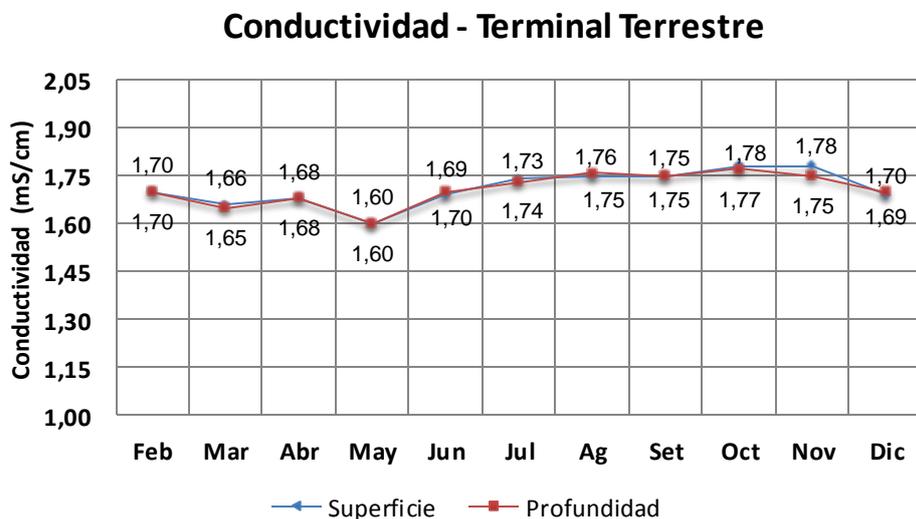
c. Terminal Terrestre

Los mayores valores de conductividad se presentan los meses de julio a noviembre, alcanzando valores que superan los 1.7 mS/cm. (Cuadro 74, gráfico 72)

Cuadro 74: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007

Conductividad (mS/cm)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	1,70	1,66	1,68	1,60	1,69	1,74	1,75	1,75	1,78	1,78	1,69
Profundidad	1,70	1,65	1,68	1,6	1,70	1,73	1,76	1,75	1,77	1,75	1,70

Gráfico 72: Conductividad (mS/cm). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007



DISCUSIÓN

La conductividad en concordancia con los Sólidos Totales Disueltos no presenta mucha variación en los puntos de monitoreo tanto en la orilla del lago como en aguas profundas. Y en la línea Norte alcanza valores entre 1,6 y 1.8 mS/cm; en las líneas Centro y Sur de 1,4 a 1,8 mS/cm, respectivamente. La conductividad (mS/cm), nos permite conocer la cantidad de sales disueltas y la pureza del agua; según las cantidades encontradas se puede apreciar una flora acuática característica, con presencia de macrófitos como el llachu (elodea potamogeton, waca), lirio de agua y la totora verde.

4.2.5. TURBIDEZ

A. Línea Norte

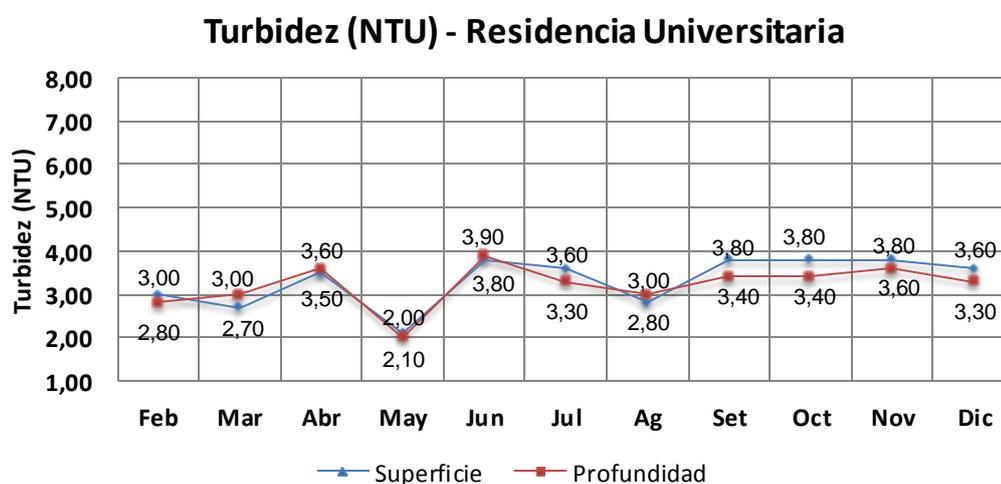
a. Entorno a Residencia de la UNA

Los resultados nos muestran diferentes niveles de turbidez por encima de 2 NTU, incrementándose con mayor incidencia los meses que se inicia la época de lluvia Septiembre hasta diciembre con 3.8 NTU. (Cuadro75, gráfico 73).

Cuadro 75: Turbidez (NTU). Línea Norte. Entorno Residencia de la UNA. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	3,00	2,70	3,50	2,10	3,80	3,60	2,80	3,80	3,80	3,80	3,60
Profundidad	2,80	3,00	3,60	2,00	3,90	3,30	3,00	3,40	3,40	3,60	3,30

Gráfico 73: Turbidez (NTU). Línea Norte. Entorno Residencia de la UNA. 2007



b. Muelle Isla Esteves

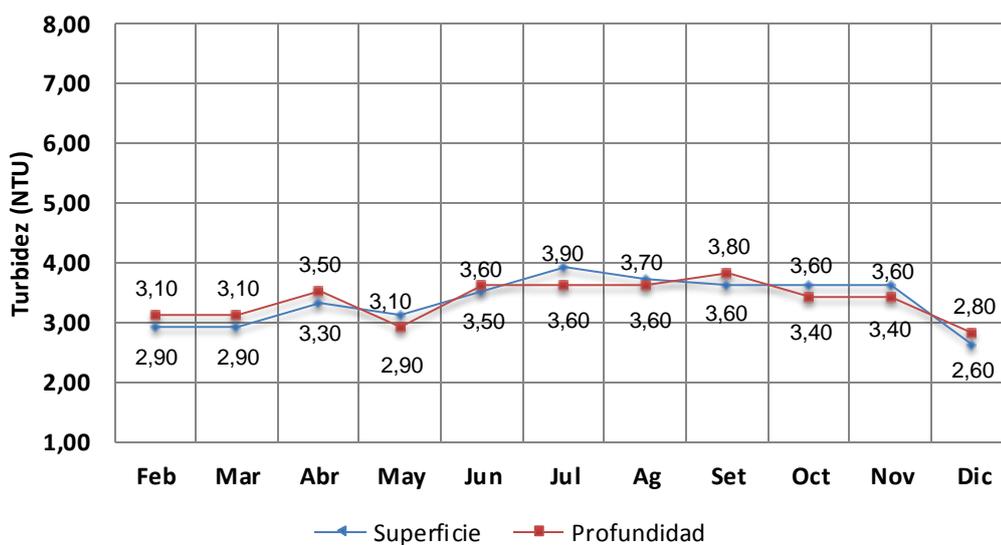
Los valores alcanzados superan a 3 NTU, los meses de abril a noviembre con mayor incidencia en la época de lluvia que alcanza valores de hasta 3.6 NTU. (Cuadro 76, gráfico 74).

Cuadro 76: Turbidez (NTU). Línea Norte. Muelle Isla Esteves. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	2,90	2,90	3,30	3,10	3,50	3,90	3,90	3,70	3,60	3,60	2,60
Profundidad	3,10	3,10	3,50	2,90	3,60	3,60	3,60	3,80	3,40	3,40	2,80

Gráfico 74: Turbidez (NTU). Línea Norte. Muelle Isla Esteves. 2007

Turbidez (NTU) - Muelle Isla Esteves



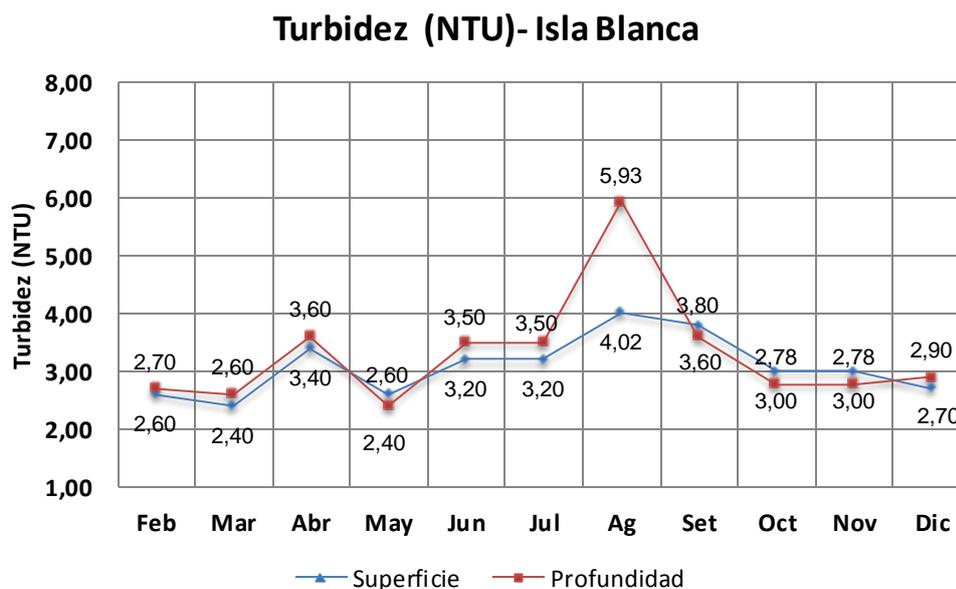
b. Isla Blanca

Los valores alcanzados presentan variaciones durante todo el año, el mayor valor se registra el mes de agosto 4.02 a nivel de superficie y 5.93 NTU en aguas profundas. (Cuadro 77, gráfico 75).

Cuadro 77: Turbidez (NTU). Línea Norte. Isla Blanca. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	2,60	2,40	3,40	2,60	3,20	3,20	4,02	3,80	3,00	3,00	2,70
Profundidad	2,70	2,60	3,60	2,40	3,50	3,50	5,93	3,60	2,78	2,78	2,90

Gráfico 75: Turbidez (NTU). Línea Norte. Isla Blanca. 2007



B. Línea Centro

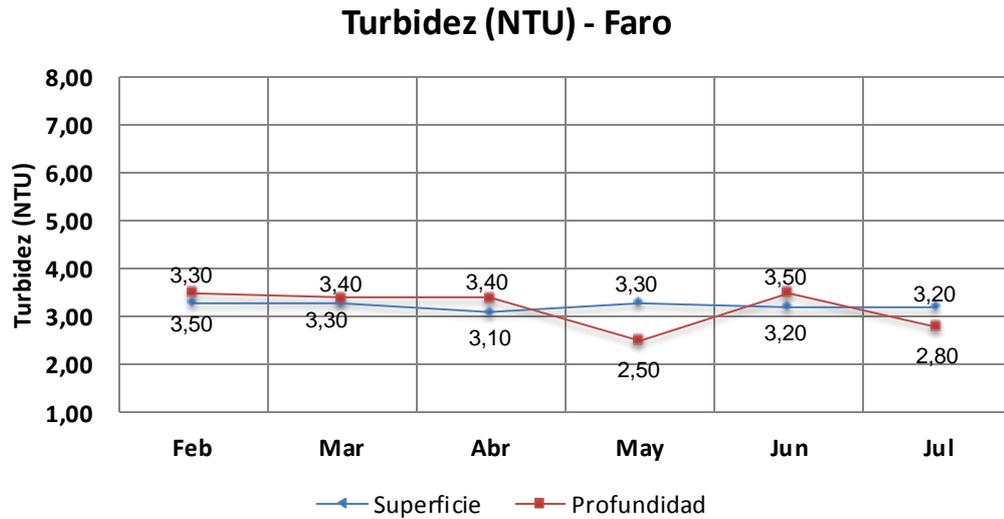
a. Faro

Los valores alcanzados presentan variaciones durante todo el año, supera a 3 NTU a nivel de superficie y aguas profundas. (Cuadro 78, gráfico 76).

Cuadro 78: Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	3.30	3.30	3.10	3.30	3.20	3.20
Profundidad	3.50	3.40	3.40	2.50	3.50	2.80

Gráfico 76: Turbidez (NTU). Línea Norte. Faro. 2007



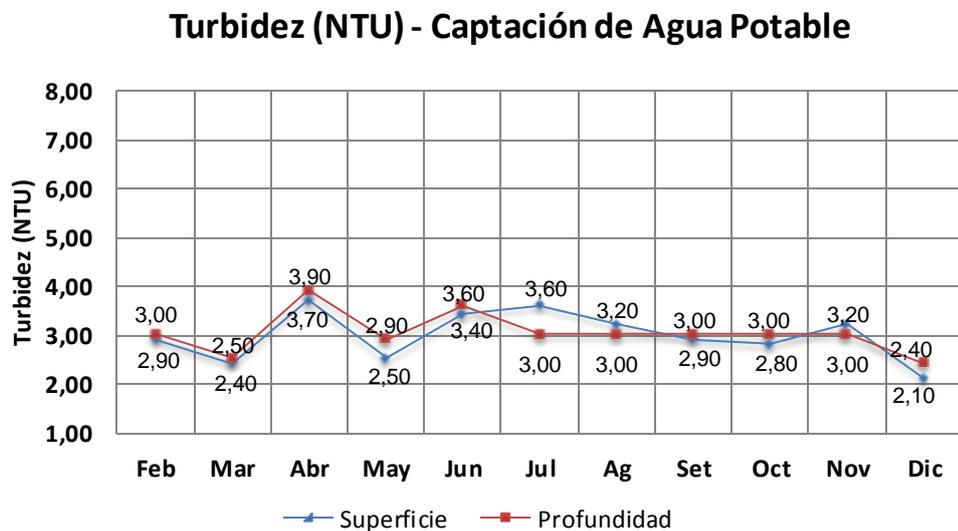
b. Captación de agua potable

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 2.9 y 2.4 respectivamente, los mayores valores se presenta los meses de abril, junio y julio con 3.7 y 3.6 NTU a nivel de superficie y aguas profundas. (Cuadro 79, gráfico 77).

Cuadro 79: Turbidez (NTU). Línea Centro. Captación de Agua Potable. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	2,90	2,40	3,70	2,50	3,40	3,60	3,20	2,90	2,80	3,20	2,10
Profundidad	3,00	2,50	3,90	2,90	3,60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,40

Gráfico 77: Turbidez (NTU). Línea Centro. Captación de Agua Potable. 2007



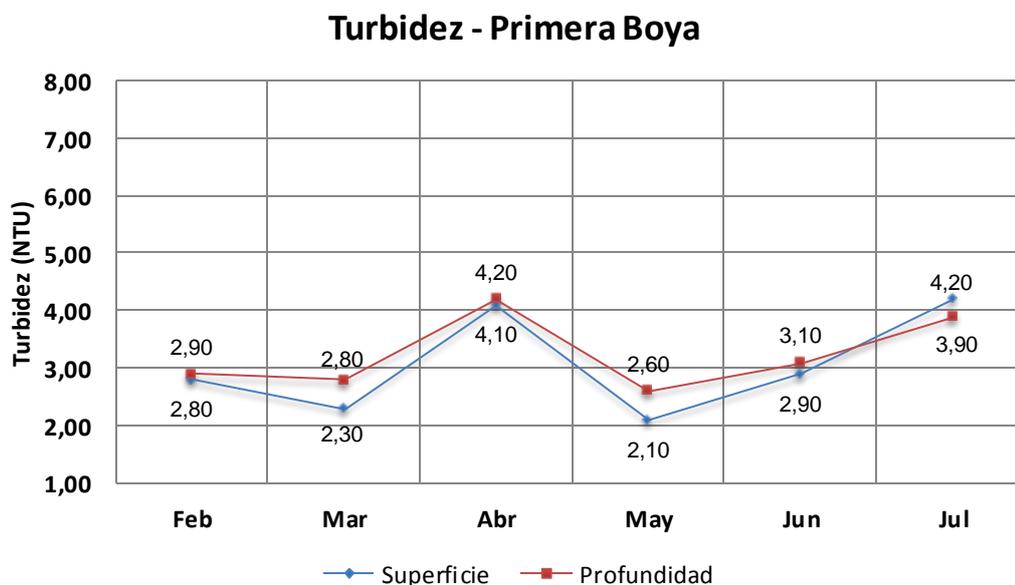
c. Primera Boya

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 2.8 y 2.3 respectivamente, el mes abril alcanzo la máxima turbidez con 4.1 y 4.2 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente. (Cuadro 80, gráfico 78).

Cuadro 80: Turbidez (NTU). Línea Centro. Primera Boya Potable. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	2.80	2.30	4.10	2.10	2.90	4.20
Profundidad	2.90	2.80	4.20	2.60	3.10	3.90

Gráfico 78: Turbidez (NTU). Línea Centro. Primera Boya Potable. 2007



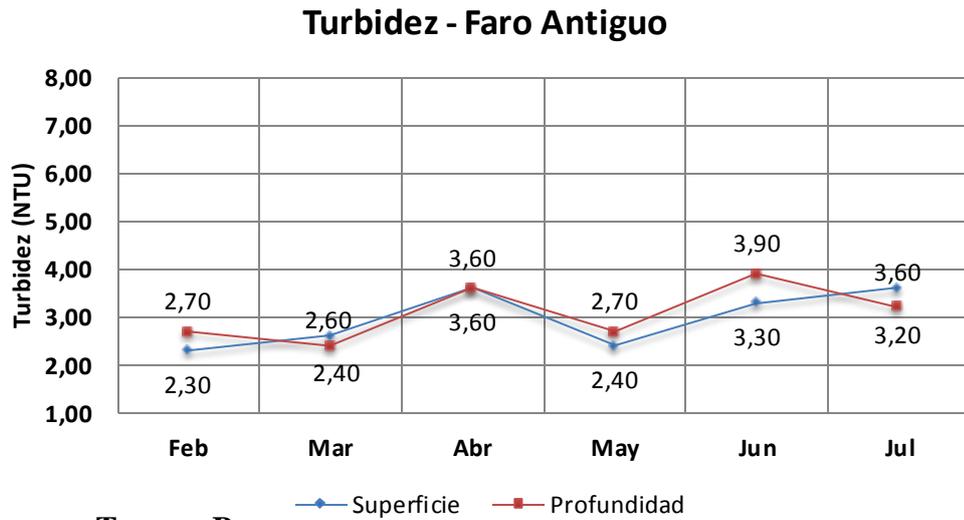
d. Faro Antigo

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 2.3 y 2.6 respectivamente, los mayores valores se presenta el mes de abril 3.6 NTU a nivel de superficie y aguas profundas. (Cuadro 81, gráfico 79).

Cuadro 81: Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro Antigo. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	2.30	2.60	3.60	2.40	3.30	3.60
Profundidad	2.70	2.40	3.60	2.70	3.90	3.20

Gráfico 79: Turbidez (NTU). Línea Centro. Faro Antiquo. 2007



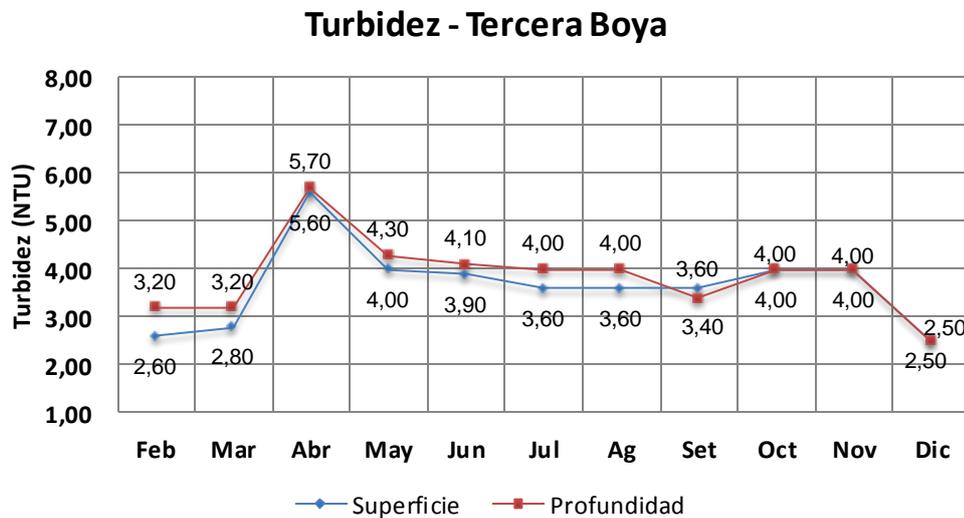
e. Tercera Boya

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 2.6 y 2.8 respectivamente, el mayor valor se presenta el mes de abril 5.6 y 5.7 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente. (Cuadro 82, gráfico 80).

Cuadro 82: Turbidez (NTU). Línea Centro. Tercera Boya. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	2,60	2,80	5,60	4,00	3,90	3,6	3,60	3,60	4,00	4,00	2,50
Profundidad	3,20	3,20	5,70	4,30	4,10	4,00	4,00	3,40	4,00	4,00	2,50

Gráfico 80: Turbidez (NTU). Línea Centro. Tercera Boya. 2007



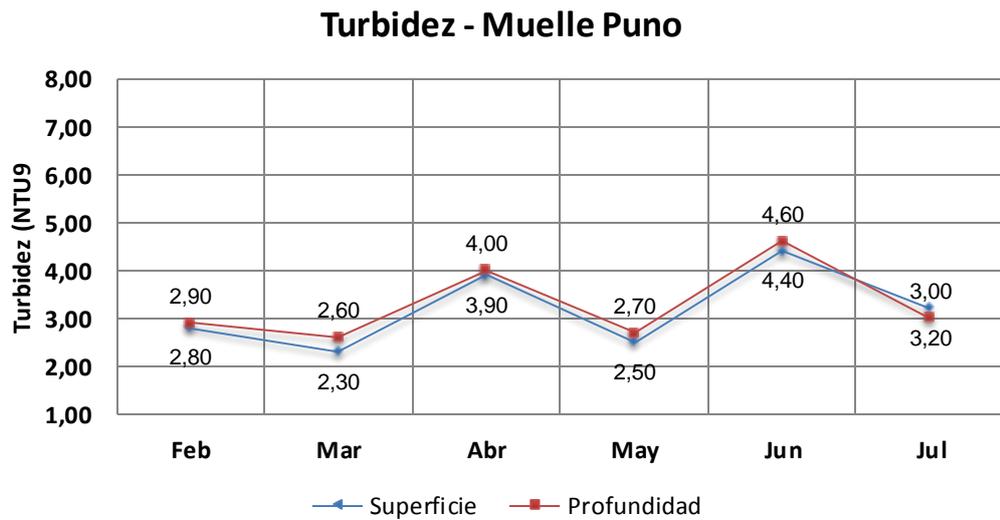
f. Muelle Puno

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 2.8 y 2.9 respectivamente, el mayor valor se presenta el mes de mayo 4.0 y 4.6 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente. (Cuadro 83, gráfico 81).

Cuadro 83: Turbidez (NTU). Línea Centro. Muelle Puno. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	2.80	2.30	3.90	2.50	4.40	3.20
Profundidad	2.90	2.60	4.00	2.70	4.60	3.00

Gráfico 81: Turbidez (NTU). Línea Centro. Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

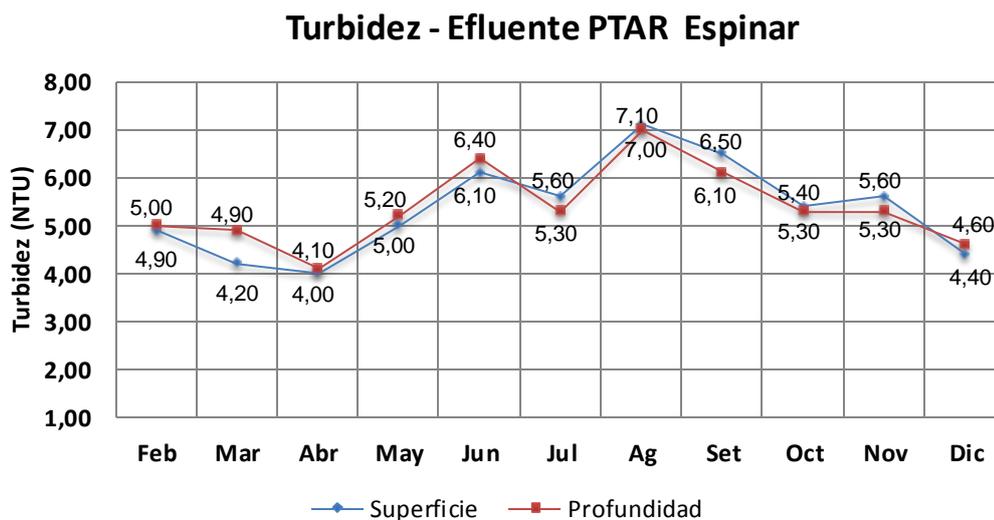
a. Efluente PTAR Espinar

En este punto de muestreo los Valores son elevados en relación a los otros puntos de muestreo, los meses de febrero y marzo presentan valores de 4.9 y 4.2 respectivamente, el mayor valor se presenta el mes de agosto 7.1 y 7.0 NTU a nivel de superficie y aguas profundas. (Cuadro 84, gráfico 82).

Cuadro 84: Turbidez (NTU). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	4,90	4,20	4,00	5,00	6,10	5,60	7,10	6,50	5,40	5,60	4,40
Profundidad	5,00	4,90	4,10	5,20	6,40	5,30	7,00	6,10	5,30	5,30	4,60

Gráfico 82: Turbidez (NTU). Línea Sur. Efluente PTAR Espinar. 2007



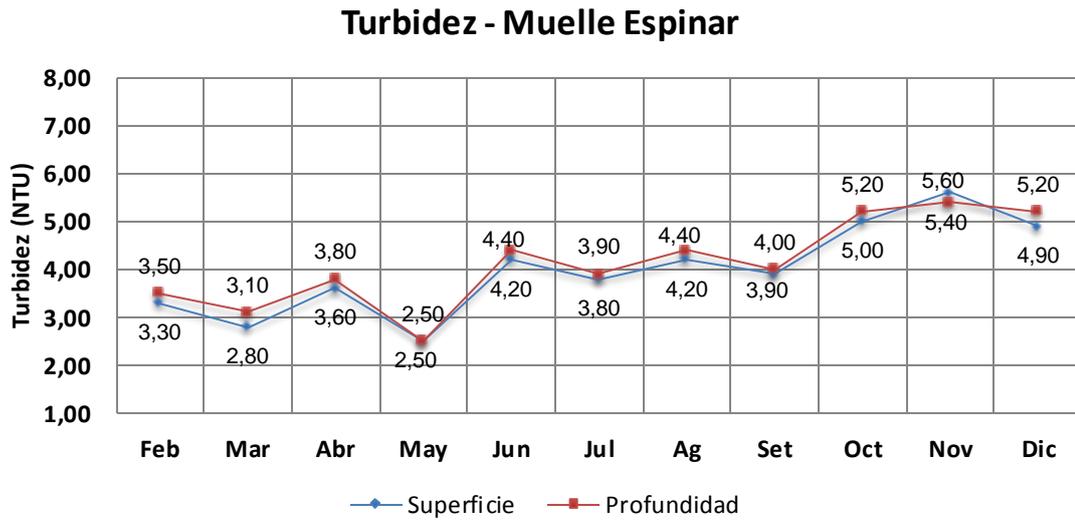
b. Muelle Espinar

Los meses de febrero y marzo presentan valores de 3.3 y 2.8 respectivamente, los mayores valores se presentan los meses de octubre, noviembre y diciembre 5, 5.6 y 4.9 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente. (Cuadro 85, gráfico 83).

Cuadro 85: Turbidez (NTU). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	3,30	2,80	3,60	2,50	4,20	3,80	4,20	3,90	5,00	5,60	4,90
Profundidad	3,50	3,10	3,80	2,5	4,40	3,90	4,40	4,00	5,20	5,40	5,20

Gráfico 83: Turbidez (NTU). Línea Sur. Muelle Espinar. 2007



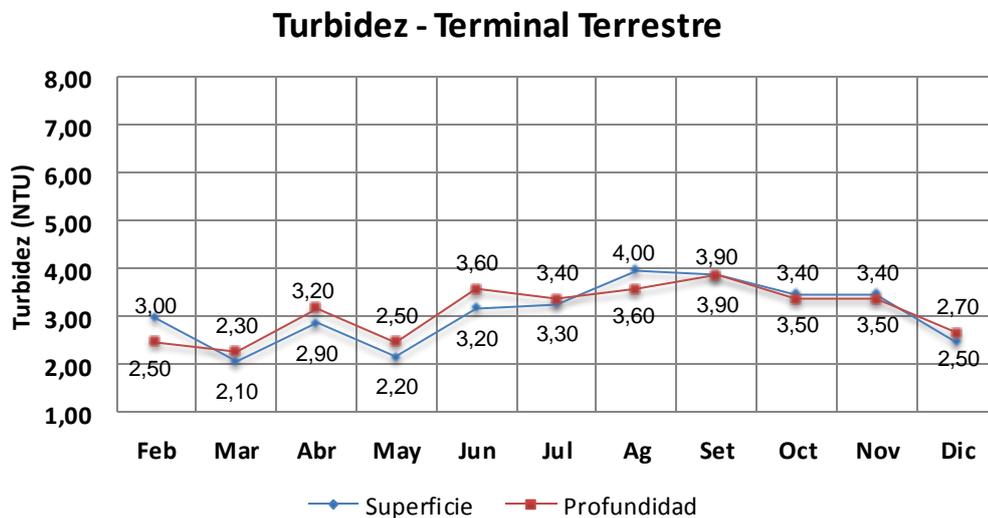
c. Terminal Terrestre

Los meses de marzo y mayo presentan menores valores de 2.1 y 2.2 respectivamente, los mayores valores se presentan los meses de agosto y septiembre 4 y 3.9 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente. (Cuadro 86, gráfico 84).

Cuadro 86: Turbidez (NTU). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007

Turbidez (NTU)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	3,00	2,10	2,90	2,20	3,20	3,30	4,00	3,90	3,50	3,50	2,50
Profundidad	2,50	2,30	3,20	2,50	3,60	3,40	3,60	3,90	3,40	3,40	2,70

Gráfico 84: Turbidez (NTU). Línea Sur. Terminal Terrestre. 2007



DISCUSIÓN

La Turbidez tiene el mismo comportamiento que el N y P disminuye conforme se avanza al Lago Mayor y aumenta en profundidad y está relacionada con las descargas que llegan de la parte alta de la cuenca, las que incorporan material coloidal a partir de las arcillas de las áreas agrícolas y otras actividades que las alteran, las que contienen sustancias orgánicas e inorgánicas; en el caso de las primeras sirven de alimento a las bacterias y el drenaje de los agroquímicos actúa como nutriente en el crecimiento de las microalgas.

Los valores encontrados van desde 2.1 NTU en verano a 3.8 NTU en invierno en línea Norte; 2,1 a 4,4 NTU en la línea Centro y los valores más altos se registran en la línea Sur desde 3,6 a 5.9 NTU, en Efluente Espinar se encontró valores hasta de 7,1 NTU en el mes de agosto.

De acuerdo a la clasificación de (Dillon y Rigler, 1974; Canfield, 1983), limnológicamente, los cuerpos de agua se pueden clasificar de forma simplificada en **Oligotróficos** (sistema acuáticos de bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima); **Eutrófico** (sistema acuáticos de alto contenido de nutrientes y producción vegetal excesiva); **Mesotrófico** (sistema acuático con características intermedias entre oligotrófico y eutrófico); **Hipertrófico** (sistema acuático en estado avanzado de eutrofización con cargas elevadas). Por tanto que las aguas de la Bahía Interior son aguas eutróficas, las que por la proliferación de plantas acuáticas macrofitas se ven afectadas en la calidad de agua

4.3. PARÁMETROS QUÍMICOS

Se presentan los resultados de los parámetros químicos: Oxígeno disuelto (OD) y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

4.3.1. OXÍGENO DISUELTO (OD)

Se presentan los resultados de OD en tres Líneas: Norte (Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca), Centro (Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno) y Sur (Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre)

A. Línea Norte

a. Entorno a Residencia de la UNA

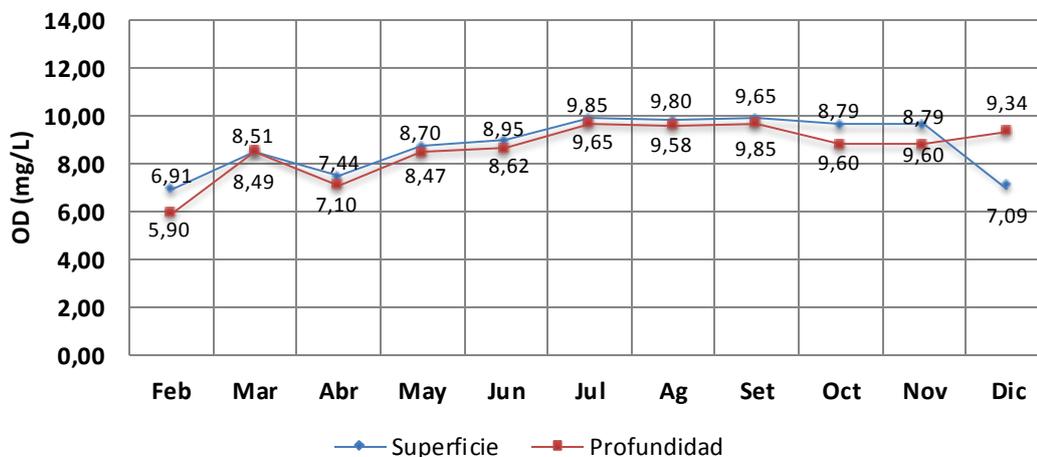
Los resultados nos muestran valores altos durante todo el año del 2007, los mayores valores se presentan a nivel de superficie los meses de julio a noviembre 9,85, 9,8, 9,85, 9,6, mg/L, los que están por encima de la saturación (Cuadro 87 , gráfico 85).

Cuadro 87: Oxíg. Disuelto (OD) Línea Norte, Entorno a Resid. de la UNA 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	6,91	8,49	7,44	8,70	8,95	9,85	9,80	9,85	9,60	9,60	7,09
Profundidad	5,90	8,51	7,10	8,47	8,62	9,65	9,58	9,65	8,79	8,79	9,34

Gráfico 85: Oxíg. Disuelto (OD) Línea Norte, Entorno a Resid. de la UNA2007

Análisis de OD - Residencia Universitaria



b. Muelle Isla Esteves

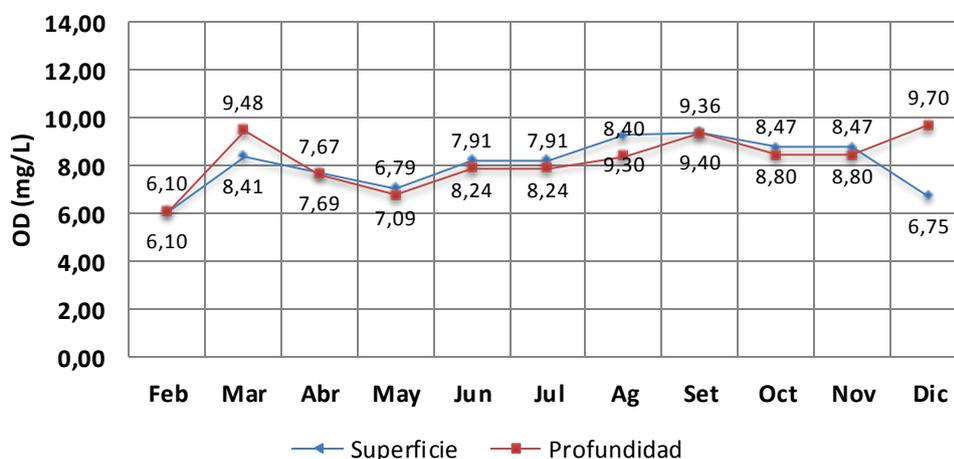
Los resultados nos muestran valores bajos en el mes de febrero, como consecuencia de las descargas de las aguas escorrentías, de las aguas de lluvia con arrastre de materia orgánica y material inerte coloidal que interfiere el proceso fotosintético altos durante todo el año del 2007, los mayores valores se presentan los meses de Agosto y setiembre 9,3 y 9,4 mg/L, (Cuadro 88, gráfico 86)

Cuadro 88: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Muelle Isla Esteves
2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	6,10	8,41	7,69	7,09	8,24	8,24	9,30	9,40	8,80	8,80	6,75
Profundidad	6,10	9,48	7,67	6,79	7,91	7,91	8,40	9,36	8,47	8,47	9,70

Gráfico 86: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Muelle Isla Esteves
2007

Análisis de OD - Muelle Isla Esteves



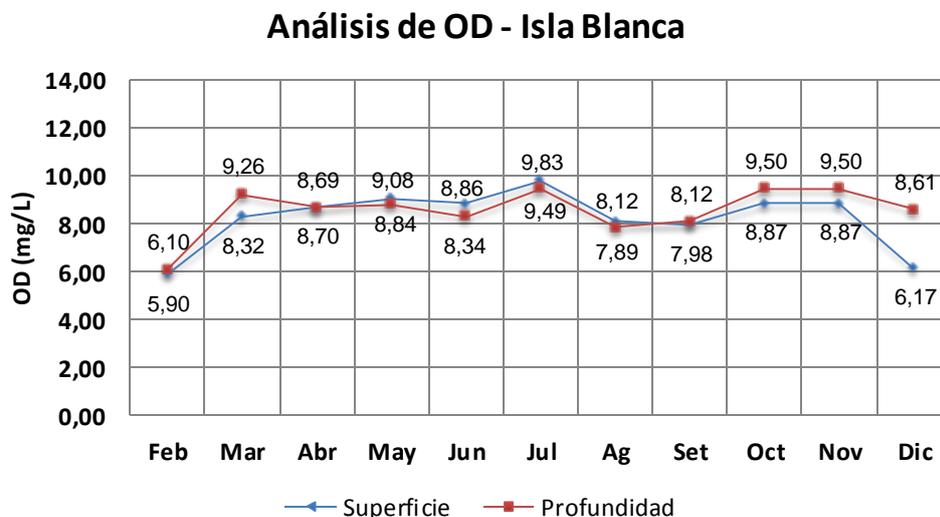
c. Isla Blanca

Los resultados nos muestran valores altos durante todo el año del 2007 superando 6 mg/L , los mayores valores se presentan la superficie los meses de mayo y julio 9,83 mg/L, (Cuadro89, gráfico 87).

Cuadro 89: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Isla Blanca 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	5,90	8,32	8,70	9,08	8,86	9,83	8,12	7,98	8,87	8,87	6,17
Profundidad	6,10	9,26	8,69	8,84	8,34	9,49	7,89	8,12	9,50	9,50	8,61

Gráfico 87: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Norte, Isla Blanca 2007



B. Línea Centro

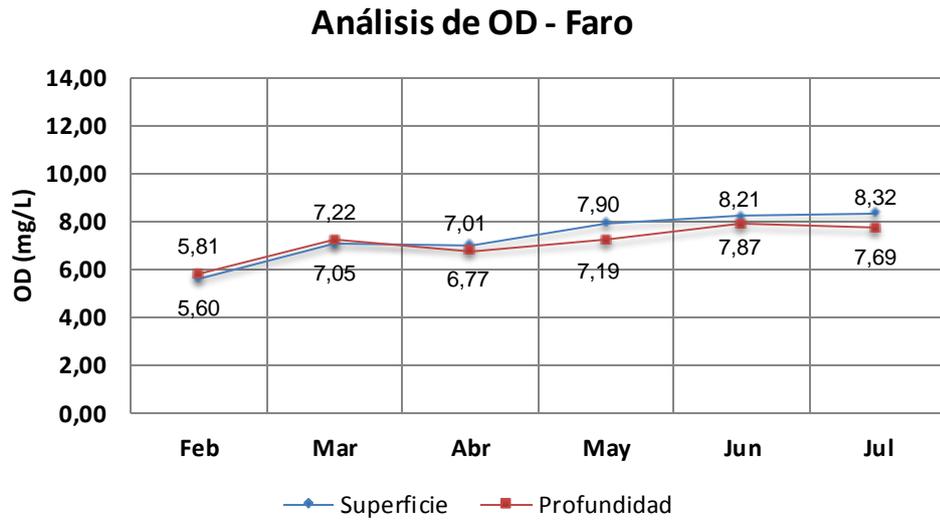
a. Faro

En este punto de muestreo los valores son bajos en temporada de lluvias, en febrero se tiene 5,60 mg/L y altos durante todo el año del 2007, los meses de junio y julio presentan valores de 8,21 y 8,32 mg/L, para la superficie (Cuadro 90, gráfico 88).

Cuadro 90: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	5,60	7,05	7,01	7,90	8,21	8,32
Profundidad	5,81	7,22	6,77	7,19	7,87	7,69

Gráfico 88: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro 2007



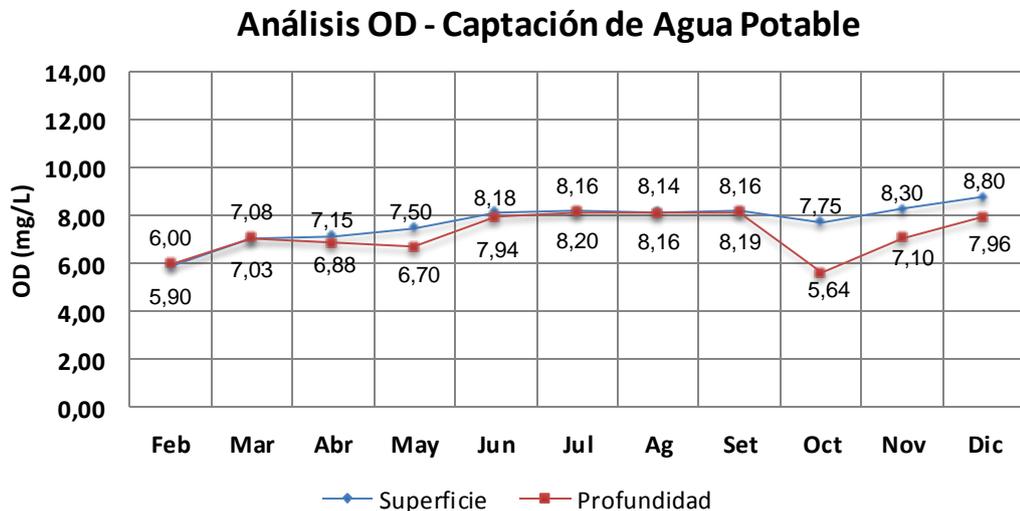
b. Captación de Agua Potable

En este punto de muestreo los valores son altos durante todo el año del 2007, salvo los meses de lluvia que llega a 5,00 mg/L. Los meses de junio y julio presentan valores de 8.18 y 8.2 mg/L, para la superficie (Cuadro 91, gráfico 89).

Cuadro 91: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	5,90	7,03	7,15	7,50	8,18	8,20	8,16	8,19	7,75	8,30	8,80
Profundidad	6,00	7,08	6,88	6,70	7,94	8,16	8,14	8,16	5,64	7,10	7,96

Gráfico 89: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007



c. Primera Boya

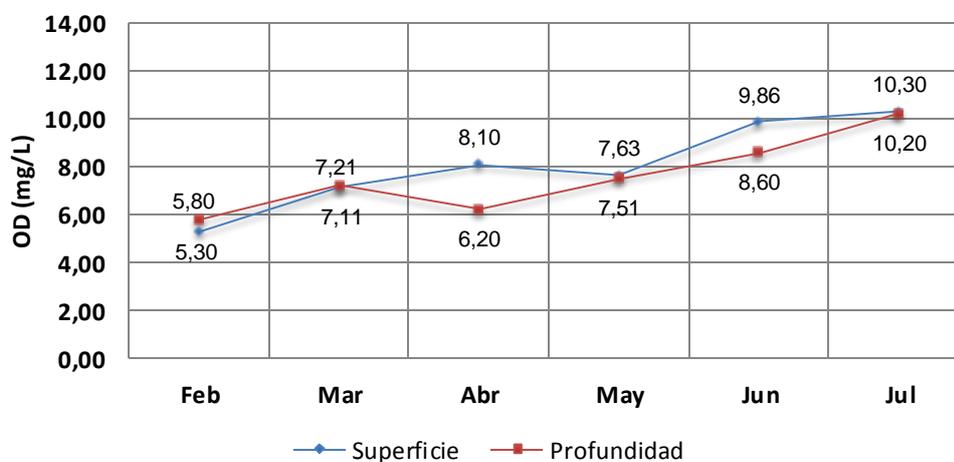
En este punto de muestreo los valores para la temporada de lluvias llegan hasta 5.20 mg/L y luego son altos durante todo el año del 2007. El mes de julio presenta valores de 10,30 y 10,20 mg/L, para la superficie y profundidad respectivamente (Cuadro92, gráfico 90).

Cuadro 92: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de agua potable 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	5.30	7.11	8.10	7.63	9.86	10.30
Profundidad	5.80	7.21	6.20	7.51	8.60	10.20

Gráfico 90: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Captación de Agua Potable 2007

Análisis OD - Primera Boya



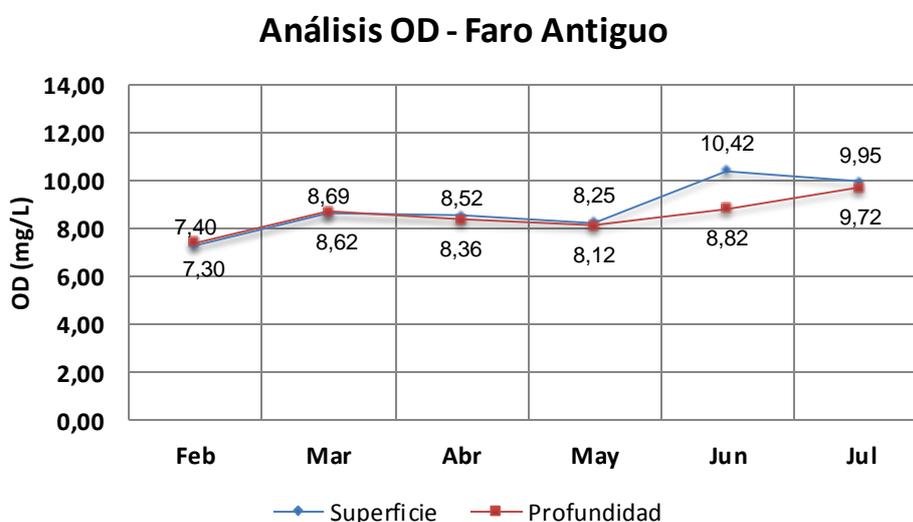
d. Faro Antiguo

Los resultados según la información disponible presentan valores altos durante todo el año del 2007. El mes de junio presenta valores de 10.42 y 8.82 para la superficie y profundidad respectivamente (Cuadro 93, gráfico 91).

Cuadro 93: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro Antiguo. 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	7.30	8.62	8.52	8.25	10.42	9.95
Profundidad	7.40	8.69	8.36	8.12	8.82	9.72

Gráfico 91: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Faro Antiguo. 2007



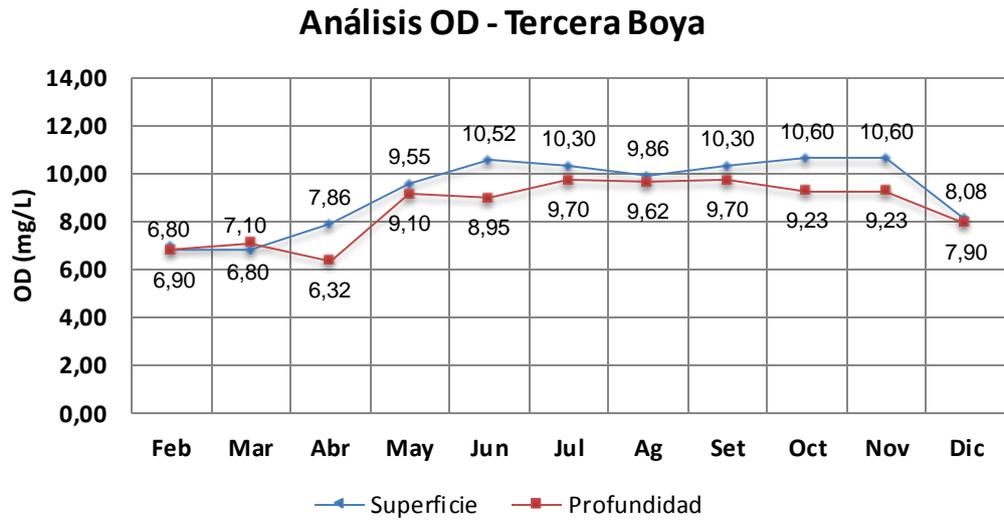
e. Tercera Boya

Los resultados nos muestran también valores menores en temporada de lluvia, en febrero se tiene 6,80 mg/L, valores altos durante todo el año del 2007 superando 6 mg/L , los mayores valores se presentan desde los meses de mayo 9,55 mg/L hasta noviembre 10,60 mg/L, (Cuadro 94, gráfico 92).

Cuadro 94: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Tercera Boya. 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	6,90	6,80	7,86	9,55	10,52	10,30	9,86	10,30	10,60	10,60	8,08
Profundidad	6,80	7,10	6,32	9,10	8,95	9,70	9,62	9,70	9,23	9,23	7,90

Gráfico 92: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Tercera Boya. 2007



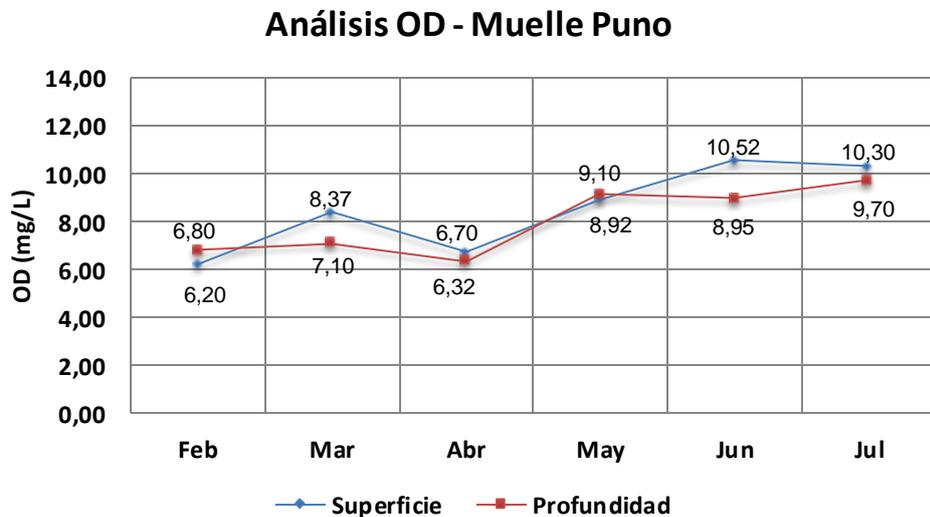
c. Muelle Puno

Los resultados nos muestran valores similares relativamente bajos en temporada de lluvia durante todo el año del 2007, los meses de junio y julio presentan los mayores valores 10.52 mg/L y 10.3 mg/L, (Cuadro 95, gráfico 93)

Cuadro 95: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Muelle Puno. 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficies	6,20	8,37	6,70	8,92	10,52	10,30
Profundidad	6,80	7,10	6,32	9,10	8,95	9,70

Gráfico 93: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Centro, Muelle Puno. 2007



C. Línea Sur

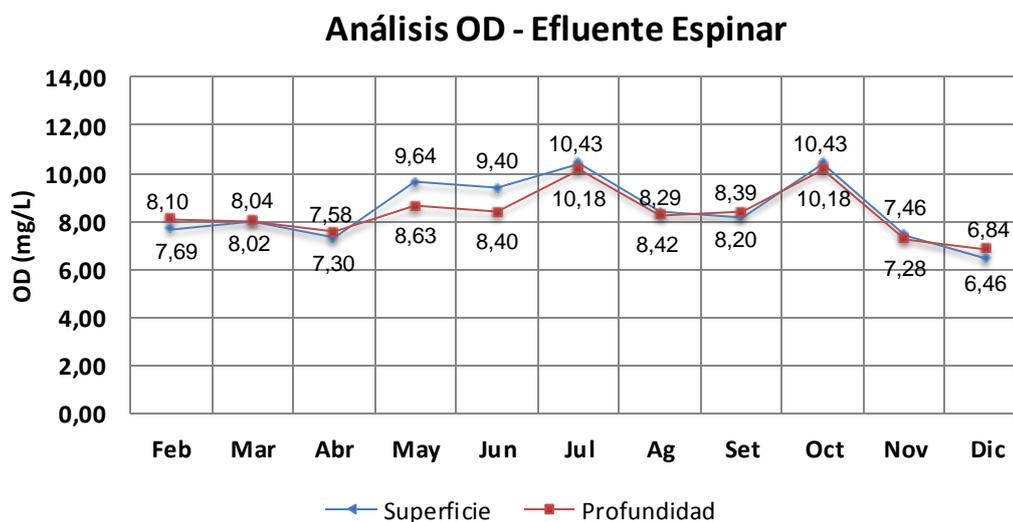
a. Efluente PTAR Espinar

Los resultados nos muestran valores altos durante todo el año del 2007, los meses de julio y octubre presentan los mayores valores 10.43 mg/L, (Cuadro 96, gráfico 94).

Cuadro 96: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Efluente PTAR Espinar. 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,69	8,02	7,30	9,64	9,40	10,43	8,42	8,20	10,43	7,46	6,46
Profundidad	8,10	8,04	7,58	8,63	8,40	10,18	8,29	8,39	10,18	7,28	6,84

Gráfico 94: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Efluente Espinar. 2007



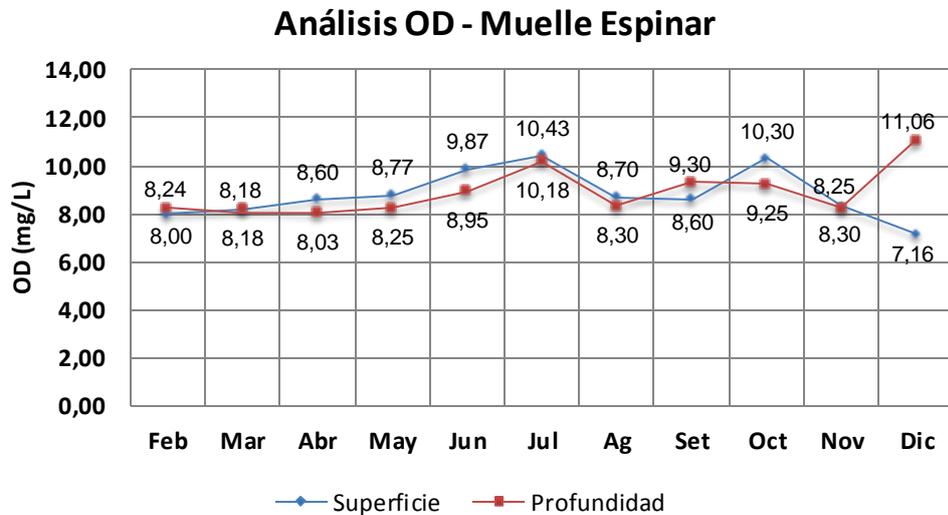
b. Muelle Espinar

Los resultados nos muestran valores altos durante todo el año del 2007, los meses de julio y octubre presentan los mayores valores de 10,10 y 10,30 mg/L, en superficie y Diciembre 11, 06 mg/L, en profundidad (Cuadro 97, gráfico 95).

Cuadro 97: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Muelle Espinar. 2007

OD (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	8,00	8,18	8,60	8,77	9,87	10,10	8,70	8,60	10,30	8,30	7,16
Profundidad	8,24	8,18	8,03	8,25	8,95	10,18	8,30	9,30	9,25	8,25	11,06

Gráfico 95: Oxígeno Disuelto (OD) Línea Sur, Muelle Espinar. 2007



DISCUSIÓN

En la Línea Norte en verano el OD es de 6,91 mg/L en la orilla y se incrementa progresivamente hasta 9.85 mg/L, conforme se avanza hacia el Lago Mayor (5,9 mg/L; 9,65 mg/L en profundidad) en el mes de Febrero con similar comportamiento.

En la Línea Centro en verano e invierno el comportamiento del OD es muy parecido, aumenta por la proliferación de algas o disminuye por el florecimiento de la lenteja de agua los valores varían de (6,9 m/L, 10,52 mg/L y 10,3 mg/L) respectivamente.

La caída del OD en los puntos de muestreo del Faro y Primera Boya podría deberse a las alteraciones causadas por una mayor actividad bacteriana o las actividades de transporte y por inversión térmica de densidad.

En la línea sur el comportamiento del OD es similar al de la línea norte de 7,69 y 8,10 mg/L; 10,1 mg/L y aumenta progresivamente conforme se avanza al Lago Mayor llegando a 8,00 y 8,24 mg/L en Febrero.

La variación estacional es provocada por la disminución de la biomasa de macrofitas que interfieren la fotosíntesis, cuya presencia es más notable en la orilla durante el verano y que ante su disminución por estresamiento debido al descenso de la temperatura en invierno da lugar a un proceso fotosintético más eficiente.

La presencia de oxígeno disuelto es esencial ya que todos los organismos vivientes dependen de una u otra forma del oxígeno para mantener los procesos metabólicos de su crecimiento y reproducción, los valores encontrados están contenidos dentro de los

rangos aceptables que permiten la existencia de una gran variedad de organismos vivientes (Sawyer, McCarty y Parkin 2 001)

4.3.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se presentan los resultados de **DBO₅** en tres Líneas: Norte (Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca), Centro (Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno) y Sur (Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre)

A. Línea Norte

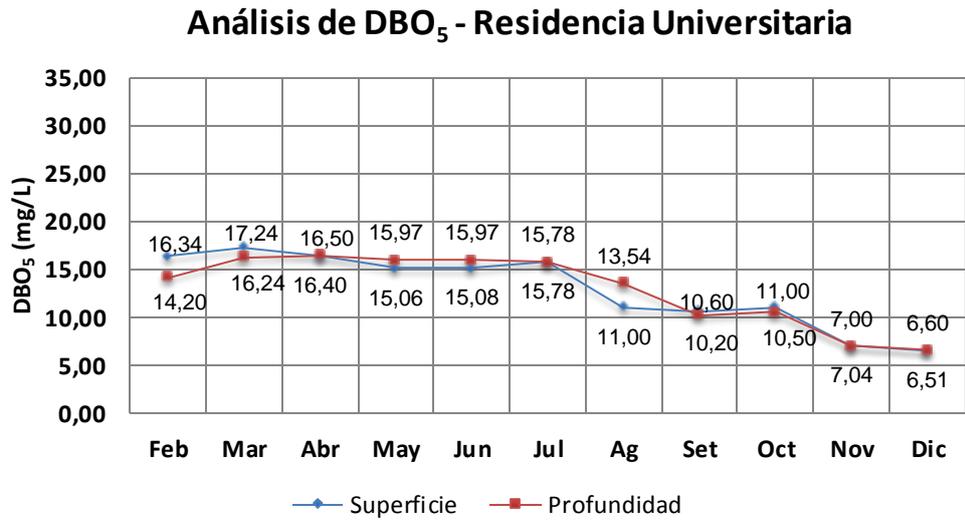
a. Entorno a Residencia de la UNA

Los mayores valores de DBO₅ (mg/L) se presentan en el verano el mes de marzo y llegan a 17.24 mg/L en Marzo, luego desciende gradualmente desde el mes de abril a diciembre para la superficie y profundidad respectivamente hasta 6,51 y 6,60 mg/L(Cuadro 98, gráfico 96)

Cuadro 98: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	16,34	17,24	16,40	15,06	15,08	15,78	11,00	10,6	11,00	7,04	6,51
Profundidad	14,20	16,24	16,50	15,97	15,97	15,78	13,54	10,2	10,50	7,00	6,60

Gráfico 96: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA. 2007



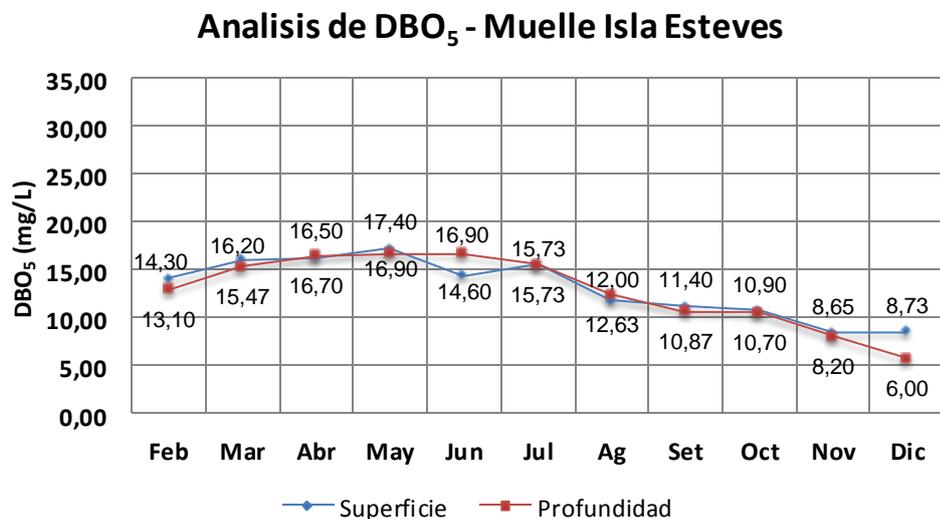
b. Muelle Isla Esteves

La mayor concentración de DBO₅ (mg/L) se presenta el mes de mayo (2007) 17.4mg/L, sin embargo se registraron valores menores el mes de diciembre de 8.73 y 6,60 mg/L para la superficie y para la profundidad (Cuadro 99, gráfico 97).

Cuadro 99: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Muelle Isla Esteves. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	14,30	16,20	16,50	17,40	14,60	15,73	12,00	11,40	10,90	8,65	8,73
Profundidad	13,10	15,47	16,70	16,90	16,90	15,73	12,63	10,87	10,70	8,20	6,00

Cuadro 97: DDBO₅ (mg/L). Línea Norte, Muelle Isla Esteves. 2007



c. Isla Blanca

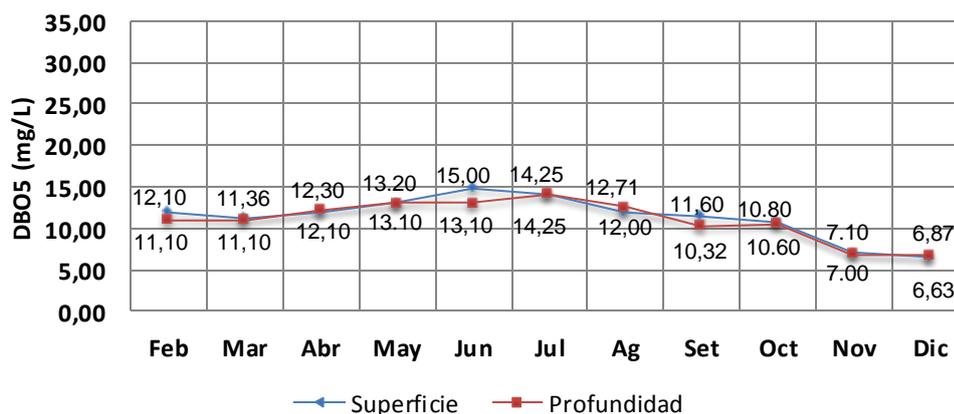
La mayor concentración de DBO₅ (mg/L) se presenta el mes de junio (2007) 15,00 y 13,10 mg/L en superficie y profundidad, el mes de diciembre descendió a 6,63 y 6,87 mg/L. (Cuadro 100, gráfico 98).

Cuadro 100: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Isla Blanca. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	12,10	11,36	12,10	13,20	15,00	14,25	12,00	11,60	10,80	7,10	6,63
Profundidad	11,10	11,10	12,30	13,10	13,10	14,25	12,71	10,32	10,60	7,00	6,87

Gráfico 98: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Isla Blanca. 2007

Analisis de DBO₅ - Isla Blanca



B. Línea Centro

a. Faro

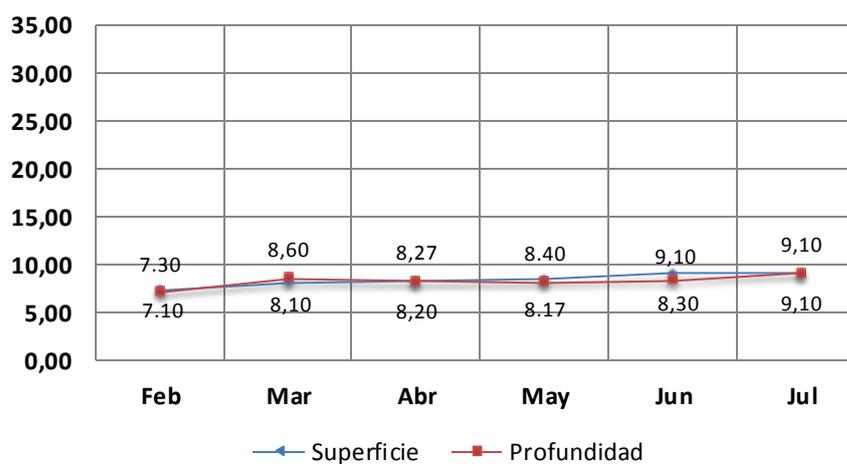
Los valores encontrados en este punto de muestreo fluctúan entre 7 y 9 mg/L (2007) tanto a nivel de superficie como en aguas profundas. (Cuadro 101, gráfico 99).

Cuadro 101: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Faro. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	7.30	8.10	8.20	8.40	9.10	9.10
Profundidad	7.10	8.60	8.27	8.17	8.30	9.10

Gráfico 99: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Faro. 2007

Análisis DBO₅ - Faro



b. Captación de agua potable

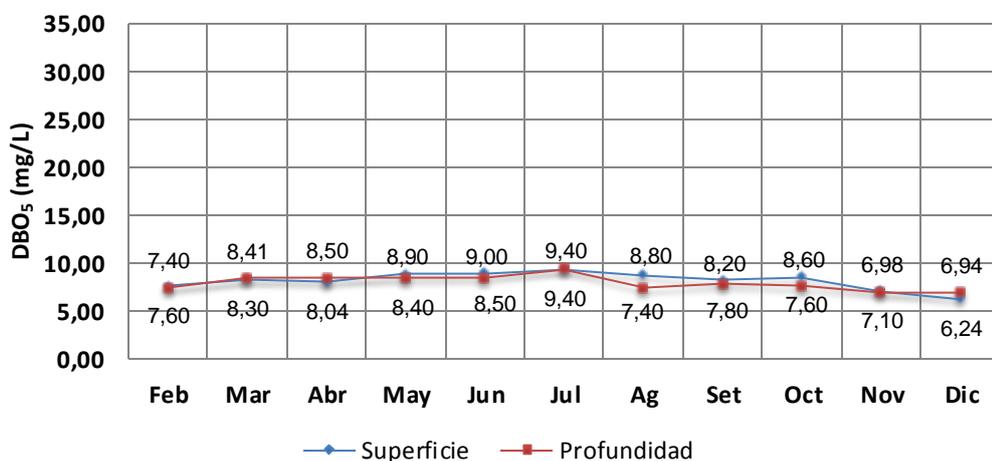
Los valores encontrados en este punto de muestreo fluctúan entre 7,40 y 9,40 mg/L (2007) tanto a nivel de superficie como en aguas profundas. (Cuadro 102, gráfico 100).

Cuadro 102: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Captación de aguas. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficies	7,60	8,30	8,04	8,90	9,00	9,40	8,80	8,20	8,60	7,10	6,24
Profundidad	7,40	8,41	8,50	8,4	8,50	9,40	7,40	7,80	7,60	6,98	6,94

Gráfico 100: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Captación de aguas. 2007

Análisis DBO₅ - Muelle Isla Esteves



c. Primera Boya

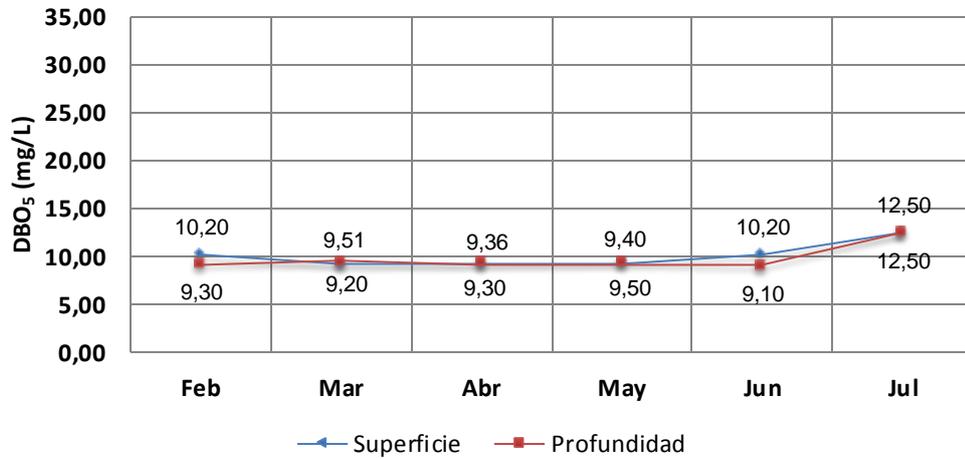
Los valores encontrados en este punto de muestreo fluctúan entre 9,10 y 12,50 mg/L (2007) a nivel de superficie y aguas profundas. (Cuadro 103, gráfico 101).

Cuadro 103: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Primera Boya. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	10.20	9.20	9.30	9.50	10.20	12.50
Profundidad	9.30	9.51	9.36	9.40	9.10	12.50

Gráfico 101: DBO₅ (mg/L). Línea Norte, Primera Boya. 2007

Análisis DBO₅ - Primera Boya



d. Faro Antiguo

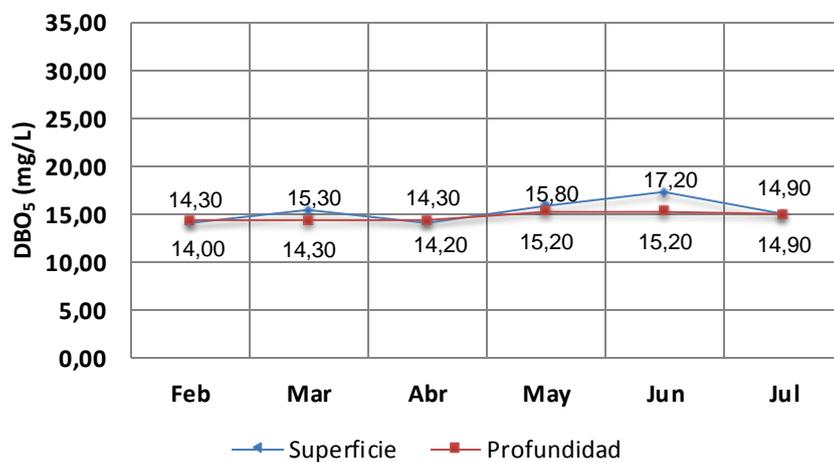
Los valores encontrados en este punto de muestreo son un tanto elevados entre 14,00 y 17,20 mg/L (2007) a nivel de superficie en febrero y junio 14,30 y 15,20mg/L y aguas profundas. (Cuadro 104, gráfico 102).

Cuadro 104: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Faro Antiguo. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	14.00	15.30	14.20	15.80	17.20	14.90
Profundidad	14.30	14.30	14.30	15.20	15.20	14.90

Gráfico 102: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Faro Antiguo. 2007

Análisis DBO₅ - Faro Antiguo



e. Tercera Boya

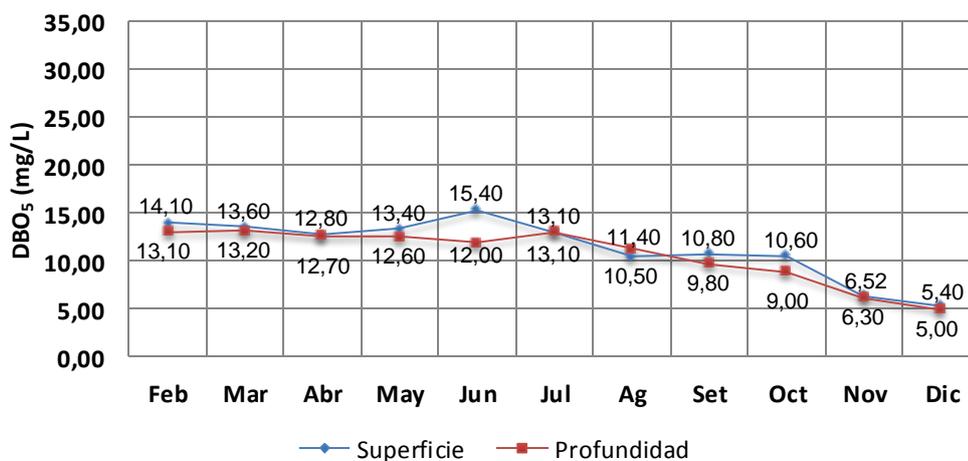
Los valores encontrados en este punto de muestreo son un tanto elevados entre 10 y 15 mg/L (2007) a nivel de superficie y aguas profundas sin embargo los meses de noviembre y diciembre presentan valores de 6.52 y 5.40, respectivamente en superficie 6,30 y 5,00 mg/L en profundidad. (Cuadro 105, gráfico 103).

Cuadro 105: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	14.10	13.60	12.80	13.40	15.40	13.10	10.50	10.80	10.60	6.52	5.40
Profundidad	13.10	13.20	12.70	12.60	12.00	13.10	11.40	9.80	9.00	6.30	5.00

Gráfico 103: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007

Análisis DBO₅ - Tercera Boya



f. Muelle Puno

Los valores encontrados en este punto de muestreo no son tan elevados como en el punto de muestreo anterior y fluctúan entre 15,99 y 14,90 mg/L en marzo en superficie y profundidad en el mes de febrero y 13,80 mg/L en superficie y profundidad en el mes de julio (2007); sin embargo los meses de noviembre y diciembre presentan valores de 6.52 y 5.43, respectivamente. (Cuadro 106, gráfico 104).

Cuadro 106: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Superficie	15.18	15.92	14.58	13.40	14.20	13.80
Profundidad	14.90	14.90	14.58	14.80	14.80	13.80

Grafico 104: DBO₅ (mg/L). Línea Centro, Tercera Boya. 2007

Análisis DBO₅ - Muelle Puno



C. Línea Sur

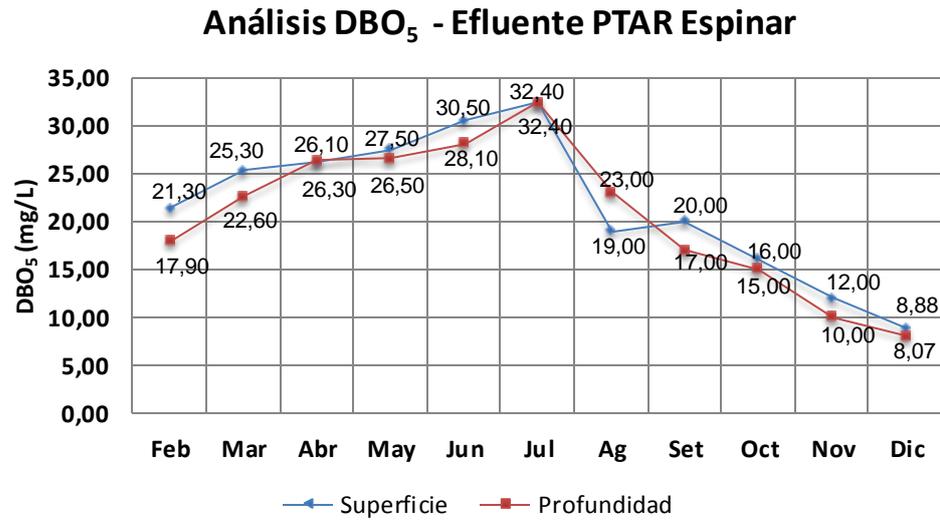
a. Efluente PTAR Espinar

Los valores encontrados en este punto de muestreo son muy elevados entre 32,4 mg/L en el mes de julio (2007) a nivel de superficie y aguas profundas sin embargo los meses de noviembre y diciembre presentan valores de 12 y 8.88 mg/L, respectivamente a nivel de superficie y 10,00 y 8,01mg/L en profundidad. (Cuadro 107, gráfico 105).

Cuadro 107: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Efluente PTAR Espinar. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	21.30	25.30	26.10	27.50	30.50	32.40	19.00	20.00	16.00	12.00	8.88
Profundidad	17.90	22.60	26.30	26.50	28.10	32.40	23.00	17.00	15.00	10.00	8.07

Grafico 105: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Efluente PTAR Espinar. 2007



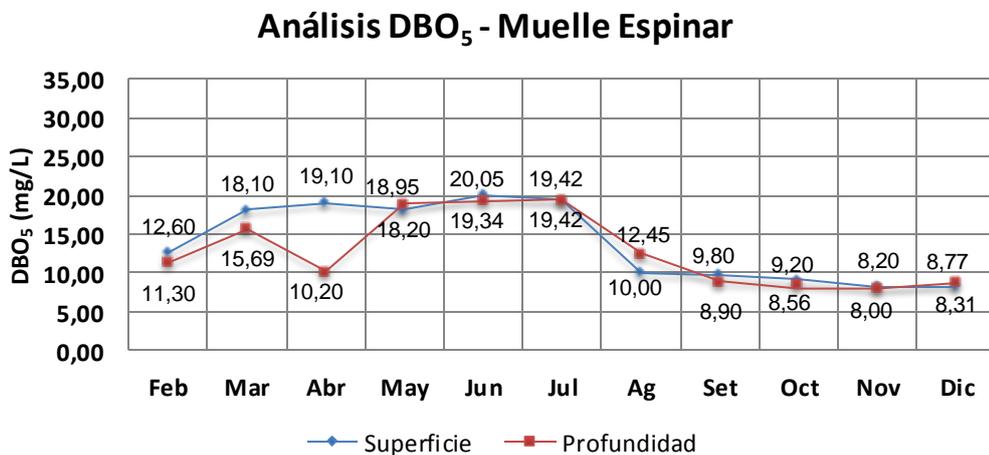
b. Muelle Espinar

Los valores encontrados en este punto de muestreo son elevados llega a 20.05 y 19,34 mg/L (2007) a nivel de superficie y aguas profundas en el mes de junio, sin embargo los meses de noviembre y diciembre presentan valores de 8.2 y 8.31 mg/L a nivel de superficie y 8,00 y 8,11 mg/L en profundidad. (Cuadro 108, gráfico 106).

Cuadro 108: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Muelle Espinar. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	12.60	18.10	19.10	18.20	20.05	19.42	10.00	9.80	9.20	8.20	8.31
Profundidad	11.30	15.69	10.20	18.95	19.34	19.42	12.45	8.90	8.56	8.00	8.77

Gráfico 106: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Muelle Espinar. 2007



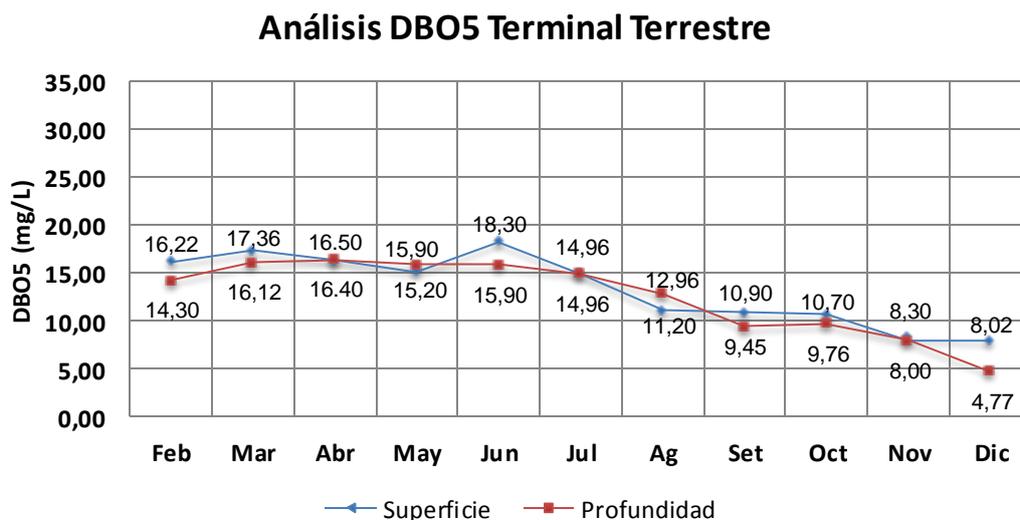
c. Terminal terrestre

Los valores encontrados en este punto de muestreo también son elevados, pero se incrementan según el cese de lluvias desde 16.22 mg/L en febrero hasta 18,30 mg/L en junio, los meses de noviembre y diciembre presentan valores relativamente bajos de 8.30 y 8.02 mg/L, respectivamente los valores en profundidad se pueden apreciar en el cuadro (Cuadro 109, gráfico 107).

Cuadro 109: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Terminal Terrestre. 2007

DBO ₅ (mg/L)	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic
Superficie	16.22	17.36	16.40	15.20	18.30	14.96	11.20	10.90	10.70	8.30	8.02
Profundidad	14.30	16.12	16.50	15.90	15.90	14.96	12.96	9.45	9.76	8.00	4.77

Gráfico 107: DBO₅ (mg/L). Línea Sur, Muelle Espinar. 2007



DISCUSIÓN

En la línea norte en verano y en invierno la DBO es mayor en la orilla (17,24 mg/L; 16,24 mg/L) y disminuye progresivamente conforme se avanza hacia el Lago Mayor (6,49 mg/L; 6,51 mg/L).

En la línea centro en verano, otoño e invierno la DBO es cambiante, aumenta considerablemente por la proliferación de algas o disminuye por el florecimiento de la lenteja de agua los valores varían de (7,30 mg/L, 7,10 mg/L y 17,20 mg/L, 15,20 mg/L) respectivamente.

En la línea sur el comportamiento de la DBO es similar al de las líneas norte y centro con un máximo de 32,4 mg/L como consecuencia de la descarga próxima de los Efluentes de la planta de tratamiento de Aguas Residuales y una disminución progresiva conforme se avanza al Lago Mayor llegando a un mínimo de 8,02 mg/L.

La variación estacional es provocada por la disminución de la biomasa de macrofitas que interfieren la fotosíntesis, cuya presencia es más notable en la orilla, durante el verano y que ante su disminución por estresamiento debido al descenso de la temperatura en invierno, da lugar a un proceso fotosintético más eficiente.

V. CONCLUSIONES

1. El Fósforo total en la Línea Norte presenta valores que empiezan a ascender paulatinamente con el verano lluvioso típico de la altiplanicie, las mayores concentraciones de fósforo total se presentan los meses de abril y mayo 1.35 y 1.42 mg/L, en el Entorno a la Residencia de la UNA, Línea Norte, luego estos valores comienzan a descender en la época de sequía o estiaje, los meses de junio y julio, que es cuando las mayores concentraciones se presentan en aguas profundas. Las menores concentraciones de Fosforo se presenta en la línea Centro Faro y Captación de Agua potable con valores de 0.16 mg/L. Los resultados nos muestran un Fósforo Total cuya presencia es factor importante para que se lleve a cabo la eutrofización, en las tres líneas de monitoreo, ya que sus valores van desde 0,16 hasta más de 1 mg/L hacia aguas profundas, debido a que las algas (*spirogira sp*) concentran el fósforo y que al morir y descomponerse lo vuelven a incorporar a las aguas, pudiendo ocasionar elevados índices de mortalidad de las especies acuáticas, valores que llegan a superar cien (100) veces el máximo recomendado de 0,015 mg/L.
2. La presencia de nitrógeno total en la línea Centro en los puntos de muestreo: Faro, Captación de agua potable, primera Boya, presentan valores similares que fluctúan desde 3.2 a 3.6 mg/L, sin embargo los mayores valores se presentan en la línea Sur, Efluente Espinar 11.56 mg/L, El Nitrógeno es un claro indicador de la presencia de materia orgánica, su comportamiento es muy similar al de la DBO₅, concentraciones que disminuyen progresivamente de la orilla hacia el lago interior y variaciones en planta motivadas por la ubicación de las fuentes aportantes. Los resultados de Nitrógeno Total en las tres líneas norte, centro y sur están asociados a las estaciones climatológicas, las mayores concentraciones se presentan en la época de lluvia que corresponde a los meses de febrero y marzo entre 2 y 7 mg/L a nivel de superficie y más de 3 y 7 mg/L en profundidad del lago, los menores valores se registran en la línea norte 0,7 mg/L y la mayor concentración de NT se presenta en la línea Sur con valores de 11,75 y 11,56 mg/L.

3. Se evaluaron parámetros Físicos: temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad y turbidez, que se presentan en las tres Líneas: Norte (Entorno a la Residencia, Muelle Isla Esteves, Isla Blanca), Centro (Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno) y Sur (Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre), así tenemos que:

A. La temperatura de las 3 Línea presenta mayores valores en la superficie de 16° (línea Norte) a 18.5° (Linea Sur), en los meses de diciembre, las temperaturas bajas se presentan los meses de junio, julio y agosto, con valores de 11.8°C en la Primera Boya a 13.5° en el Faro, que corresponde a la estación de estiaje, luego empieza a ascender desde el mes de septiembre desde $14,3^{\circ}$ en el punto de monitoreo captación de Agua hasta 15.3° y variaciones en los demás puntos de monitoreo, en el mes de diciembre la temperatura llega hasta a 17.6°C en el punto de monitoreo Tercera Boya.

Los valores de pH en la Línea Norte, Centro y Sur, presentan valores alcalinos hasta 11.36 en el mes de julio, 11.4 en el mes de julio en la tercera Boya, debido a la presencia de rocas calcáreas en subcuencas de drenaje pluvial, cuya escorrentía alcanza una elevada alcalinidad.

B. Los valores de S.T.D. en las Líneas Norte, Centro y Sur, van desde 620 y 630 mg/L, siendo la más alta concentración de 1150 mg/L de (S.T.D.), que se registró el mes de agosto. La conductividad que nos permite conocer la cantidad de sales disueltas y la pureza del agua en las líneas, centro y Sur presenta valores que superan 1.7 mS/cm y no presenta mucha variación en los puntos tanto de la orilla del lago como en aguas profundas. La conductividad en línea Norte alcanza valores entre 1.6 y 1.8mS/cm como máximo, valores concordantes con los de S.D.T.

C. La Turbidez en la Línea Norte: Entorno a Residencia de la UNA, Muelle Isla Esteves e Isla Blanca se presentan diferentes niveles de turbidez que superan 2 NTU, en los tres puntos de muestreo, incrementándose con mayor incidencia los meses que se inicia la época de lluvia Septiembre hasta Diciembre que llega a 3.8 NTU, a nivel de profundidad alcanza valores de 5.93 NTU.

❖ En la Línea Centro alcanza valores que superan 2 NTU, en los tres puntos de muestreo, incrementándose los meses de abril con valores de 5.6 y 5.7 NTU a nivel de superficie y aguas profundas respectivamente, en la Tercera Boya

- ❖ En la Línea Sur: Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre, se presentan valores muy variados en los puntos de monitoreo, desde 2.1 y 2.2 NTU, hasta noviembre y diciembre 5, 5.6 y 4.9 NTU, en el Muelle Espinar.
- ❖ La Turbidez tiene el mismo comportamiento que el OD, N y P y está relacionada con las descargas que se recibe de las zonas de la cuenca alta, estas incorporan turbiedad de los suelos agrícolas y otras operaciones que alteran el suelo las mismas que contienen sustancias orgánicas e inorgánicas, en el caso de las sustancias orgánicas, estas sirven de sustrato a la biomasa bacteriana y el drenaje de los residuos agrícolas estimulan el crecimiento de las microalgas.

4. Se han evaluado los parámetros químicos: Oxígeno disuelto (OD) y (DBO₅),

A. El Oxígeno Disuelto (OD), en la Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA, Muelle Isla Esteves e Isla Blanca presenta valores altos durante todo el año (2007), que superan los 6 mg/L, los mayores valores superan los 9 mg/L, en la superficie y disminuye progresivamente conforme se avanza hacia el Lago Mayor (5,9 mg/L; 7,98 mg/L).

En la Línea Centro, presenta mayores valores los meses de junio y julio de 8.21 y 8.32 mg/L para la superficie, en la captación de Agua Potable, además que se eleva los valores de 10.42 y 8.82 mg/L para la superficie y profundidad en el faro Antiguo

En la Línea Sur, se presentan valores más elevados en relación a los otros puntos de muestreo, presentan valores de 10.43 mg/L, en los tres puntos los superan los de saturación.

B. La DBO₅, presenta, en la Línea Norte, Entorno a Residencia de la UNA, Muelle Isla Esteves e Isla Blanca valores elevados, sobre todo en el Entorno a la residencia de la UNA, donde en el mes de marzo (2007) alcanzo 17.24 mg/L, mientras que en los meses de noviembre y diciembre se registraron valores de 8.65 y 8.73 mg/L para la superficie y para la profundidad.

La DBO₅, en la Línea Centro, Faro, Captación de Agua Potable, Primera Boya, Faro Antiguo, Tercera Boya, Muelle Puno, presenta valores entre 7 y 9 mg/L, en los puntos de monitoreo Faro y Captación de Agua, 9 y 12.5 mg/L, en la primera Boya, 13 y 17

mg/L (2007) a nivel de superficie y aguas profundas, Faro Antiguo, entre 10 y 15 mg/L, en la tercera Boya, un tanto elevados entre 13 y 15.92 mg/L, en el Muelle Puno.

La DBO₅, en la Línea Sur, Efluente Espinal, Muelle Espinar, Terminal Terrestre, presenta valores notablemente altos. En el punto de monitoreo Efluente Espinar, los valores encontrados están entre 16 y 32 mg/L, en Muelle Espinar, los valores encontrados llegaron a 18.1 y 20.05 mg/L, en el Terminal terrestre, los valores encontrados también fueron elevados, pero descienden según el cese de lluvias desde 16.22 hasta 15.2, sin embargo el mes de junio presenta elevación a 18.3 debido a la concentración de calor en las mañanas, además que los meses de noviembre y diciembre presenta valores relativamente bajos de 8.2 y 8.31, respectivamente.

5. De lo expuesto queda evidenciada que:

- La presencia de (N) y (P) en las aguas de la Bahía Interior alcanzan concentraciones del orden de 11.56 mg/l y 1.42 mg/l respectivamente.
- De considerarse al (P) como factor limitante, su presencia mínima debería ser de 0.015 mg/l (Mackenzie 2005), mas se ha encontrado valores del orden 1.5 mg/l, cien (100) veces superiores.
- Si se toma como referencia al (N) como factor limitante y la relación (P)/(N), 1/10, la máxima concentración de (N) de acuerdo al valor límite del (P) debería ser de 0.15 mg/l, más los valores encontrados superan los 11.5 mg/l resultando estar ochenta (80) veces por encima de dicho límite.

6. La actividad antropogénica desarrollada en el entorno y en la Bahía Interior ha conducido al ecosistema lacustre a un estado eutrófico con clara tendencia a hipertrófico, de no tomarse medidas correctivas respecto de las acciones antropogénicas.

RECOMENDACIONES

1. Eliminar los aportes de nitrógeno (N) y fósforo (P) provenientes de aguas residuales de la ciudad de Puno y poblaciones aledañas.
2. Evitar aportes de excedentes de N y P provenientes de agroquímicos utilizados en la agricultura ribereña, por sustitución de fertilizantes naturales.
3. Efectuar la limpieza y eliminación de los lodos orgánicos acumulados en fondo de la Bahía Interior por aspiración, evitando generar turbulencias y posterior separación de la materia orgánica en suspensión por microfiltración para su posterior eliminación y neutralización y precipitación del fósforo del clarificado.
4. Monitorear periódicamente y evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos que permitan determinar el rango en el que se presenta el riesgo de inicio de la eutrofización.
5. Si bien el comportamiento de las variaciones de los parámetros estudiados nos permiten inferir la existencia de una zona de transición en la que se da el inicio al proceso de eutrofización, es necesario identificarla y ubicarla para poder definir los niveles de presencia de nitrógeno (N) y fósforo (P) asociados al inicio de dicho proceso, para el caso específico de la Bahía Interior.
6. Es necesario incorporar a la clorofila (A) como parámetro de control por estar asociado directamente a la presencia de biomasa, siendo por tanto sus variaciones más representativas y de mayor sensibilidad en la determinación de la zona de transición y su asociación con los demás parámetros.
7. Formular un Plan de Investigación de no menos de dos (2) años de duración que mediante monitoreos periódicos y análisis e interpretación de resultados de los ya referidos parámetros permitan identificar una zona umbral de su presencia, la que no debe ser superada para evitar la eutrofización que actualmente ya se viene dando en las zonas ribereñas de la Bahía Interior.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) American Public Health Association (A.P.H.A.). (1985) Standard methods for the examination of water and waste water. Washington:13th, 14th, 15th, 16th editions.
- 2) American Water Works Association (AWWA) (1980) Trihalomethanes. U.S. EPA Federal Regulation. JAWWA ISBN 0-89867-242-2; 31 p.
- 3) Azevedo, N. J (1988) Nuevos conceptos sobre eutroficación. ONU.
- 4) Canadian Environmental Quality Guideline (December, 2003).
- 5) Canales, A (1991) Evaluación de *Schoenoplectus tatora*, totora transplantada, en el tratamiento de aguas residuales. UNA, Puno, Perú. (Biblioteca de Biología – UNAP).
- 6) Canfield, D.E. (1983) Prediction of chlorophyll "a" concentrations in Florida lakes: the importance of phosphorus and nitrogen. Water Resources Bulletin, 19(2):255-262.
- 7) Carrigan, R & F.J Flett, (1981) Post despositional mobility of phosphorus in lake sediments. Limnol. Ocenogr. 26:73-682.
- 8) Chapra S.C y Tarapchak S.J. (1976) A chlorophyll a Model and its Relationship to Phosphorus Loading Plots for Lakes, Water Res., 12 (6): 1260-1264.
- 9) Dillon, P.J. y Rigler, F.H. (1974) The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. Limnol. Oceanogr. 19(4)767-773.
- 10) Dillon, P.J. y Rigler, F.H. (1975) A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. J. Fish. Res. Bd. Can. 31(9):1519-1531.

- 11) Grobler, D.C (1986) Assessment of the impact of eutrophication control measure on South African impoundments. *Ecological Modelling* 31:273-247.

- 12) Harm, L.L., J.N. Dombush & J.R Andersen (1974) Physical and chemical quality of agricultural land runoff. *Journal Water Pollution Control Federation*. 46:2460 - 2470.

- 13) Kluesner, J. W., & G.F. Lee (1974) Nutrient loading from a separate storm sewer in Madison, Wisconsin *Journal Water Pollution Control Federation*. 46:920-936.

- 14) Lara Hernández y Martínez, F. (1988) Estrategia de control de mosco (*Culex* sp. Y *Culiset* sp.) y el lirio acuático (*E. crassipes*) en la presa Endho. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Delegación de Hidalgo, México. 75 p.

- 15) Lescano, A. *et al.*, (2000) Evaluación de la totora en el Perú. Proyecto conservación de la Biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca - Desaguadero - Poopo - Salar de Coipasa (TDPS) proyecto especial binacional lago titicaca PELT.

- 16) Mackenzie, L y Susan, J. Ingeniería y ciencias ambientales. McGraw-Hill. México. 2º Edición 2005.

- 17) Miranda, Z. N et al., (1991) Efectos de la eutroficación sobre las condiciones química. (capítulo libro)

- 18) Mortimer, C.H, (1971) Chemical exchanges between sediments and water in Great Lakes – speculations on probable regulatory mechanisms. *Limnol. Oceanogr.* 16:387-404.

- 19) Northcote, T.G, Morales, P., Levy D.A., Greaven M.S. (1991), Contaminación en el Lago Titicaca, Perú: capacitación, investigación y manejo, West Water Reserch Centre, University of British Columbia/Instituto de Aguas Alto Andinas, Vancour. pp 277-

- 20)** O.E.C.D. (1982) *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control*. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris: 154 pp.
- 21)** Rast, W. y Lee, G.F. (1978) Summary analysis of the North American (U.S. portion) OECD eutrophication project: Nutrient loading-lake response relationships and trophic state indices. U.S. EPA, Environmental Research Laboratory, Corvallis, OR 454 p. EPA-600/3-78- 008.
- 22)** Salas, H.J. & Martino, P. (1988) Memoria del IV Encuentro del Proyecto Regional "Desarrollo de Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales". OPS-CEPIS, 69 p.
- 23)** Salas H.J & Martino, P (2001) Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS).
- 24)** Sawyer, N. McCarty. P. Prkin. G. 2001. Química para ingeniería ambiental. Mc Graw Hill. Interamerica S.A. Pag 613-614.
- 25)** Seisdedo M, Pérez M & Muñoz A. (2006) Análisis comparativo del comportamiento de las características Físico Químicas de la Bahía de Cienfuegos, Cuba.
- 26)** Smith, V.H. y Shapiro, J. (1981) Chlorophyll-phosphorus relations in individual lakes. Their importance to lake restoration strategies. Environ. Sci. Technol. 15:444-451.
- 27)** Schmidhe, N.W., (1974) Phosphorus and Nitrogen Control Technologies at Treatment Plants: Present and Future.
- 28)** Soria, J.M & Miracle, Vicente, E (1987) Aporte de Nutrientes y Eutrofización de la Albufera de Valencia. Limnetica. 3(2): 227-242

- 29)** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 th ed, APHA, AWWA, WPCF, (1989).
- 30)** Thomann, R.V y Mueller J.A (1987) Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper & Row, Publisher, N. York 644 pp.
- 31)** Uhlmann D. and Benndorf J. (1980) The use of primary reservoirs to control eutrophication caused by nutrient inflows from non point sources. In *Land Use*
- 32)** Vollenweider, R.A. (1983) Eutrophication. Notas distribuidas en el Segundo encuentro del proyecto regional para la evaluación de eutroficación en lagos calidos tropicales.
- 33)** Vollenweider, R.O y Kerejes J.J (1981) Background and Sumary Results of the OECD Cooperative Progrma on Eutrophication in Restoration of Lakes and Inland Waters. EPA/440/5-81-010 pp. 25-36.
- 34)** Vollenweider, R.A (1968) Scientific Fundamentals of the Eutrophication of lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication. Orgn. Econ. Coop. Dev., Pans. Tech. Reports N° DAS/CSI/68.27, 159 pp.
- 35)** Wetzel, R.G (1975) Limnology. W.B. Saunders Company. 743 pp,
- 36)** Walker, W.W (1983) Significance of eutrophication in water supply reservoirs. Journal American Water Works Association, Research and Technology, Vol. 75 N° 1:38-42.

VIII. ANEXO

Análisis del Comportamiento de los Parámetros de Control

	RIBERA	HACIA LAGO MAYOR	RELACIÓN CON SUPERFICIE Y PROFUNDIDAD
Fósforo	+	-	P>S
Nitrógeno	+	-	P>S
Temperatura	+	-	P>S (*)
pH	+	+	S>P
S.T.D.	+	-	S<P
Conductividad	**	**	S=P
Turbidez	**	**	S=P
Oxígeno Disuelto	-	+	S>P
D.B.O.	+	-	S>P
* Ligeramente			
** No hay variación o ligera			

Fuente: Elaboración Propia