



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Modelamiento Ambiental de Sistemas Dinámicos de nutrientes
(Fosfatos y nitratos) en la Bahía Interior de Puno, 2016 - 2026”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Sifuentes Pizán, Angel Alfredo Salvador

ASESOR

Dr. Elmer Benites Alfraro

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Conservación y Manejo de la Biodiversidad

LIMA – PERÚ

2016 - II

Jurado

.....
PRESIDENTE

Dr. Gilberto Lorgio Valdiviezo

.....
SECRETARIO

Mgtr. Munive Cerron, Rubén

.....
VOCAL

Ing. Elmer Benites Alfaro

Dedicatoria

La presente investigación se la dedico a Dios y a mis padres Antero Sifuentes y Jacoba Pizán, que son los pilares fundamentales en mi vida, desde que tengo uso de razón. A mis hermanos por su gran apoyo a lo largo de mi vida universitaria y a mi novia Mayra Rodriguez por su paciencia, dedicación y vehemencia en demostrarme su apoyo incondicional en el largo recorrido de mi vida universitaria.

Agradecimiento

Un agradecimiento singular le debo a la Universidad Cesar Vallejo, Universidad Nacional del Altiplano que me permitió desarrollar parte de mi tesis en uno de sus laboratorios, a sus profesores que siempre mostraron mucho interés en apoyarme y a mis asesores que me han orientado, apoyado y corregido en mi labor científica con interés, además agradezco esta tesis a la universidad que me dio la bienvenida y al mundo como tal por las grandes oportunidades que me ha brindado.

Declaración de autenticidad

Yo, Sifuentes Pizán Angel Alfredo Salvador, con DNI 7271326, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 21 de diciembre del 2016

.....
Sifuentes Pizán, Angel Alfredo
DNI: 72701326

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**Modelamiento ambiental de sistemas dinámicos de nutrientes fundamentales de eutrofización, principalmente fosfatos y nitratos, en la bahía interior de puno, 2016**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

El autor: Sifuentes Pizán Angel Alfredo Salvador

Indice

	Paginas
Jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaración de autenticidad	v
Presentación	vi
Indice	vii
Indice de tabla	x
Indice de figura	xiii
Resumen	xvii
Abstract	xviii
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos Previos	5
1.3 Trabajos Relacionados	9
1.3 Formulación del Problema	18
1.4 Justificación del Estudio	19
1.5 Objetivos	19
1.6 Hipótesis	20
II. MÉTODO	
2.1 Diseño de Investigación	21
2.2 Variable	22
2.3 Población y Muestra	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.5 Métodos de Análisis de datos	32
2.6 Aspectos Éticos	32
III. RESULTADOS	
3.1 ETAPA I: Definición e identificación de los puntos de monitoreo de la Bahía Interior de Puno.	33
3.2 ETAPA II: Análisis, procesamiento e interpretación de la información histórica de los puntos de monitoreo de la Bahía Interior de Puno.	34

3.3 ETAPA III: Elaboración de diagramas de correspondencias de sistemas dinámicos en los Puntos de Monitoreo de la Bahía Interior	70
3.4 ETAPA IV: Análisis, procesamiento e interpretación de la información básica para la formulación matemática del método predictivo	83
3.5 ETAPA V: Modelamiento 2026	126
IV. DISCUCIONES	127
V. CONCLUSIONES	128
VI. RECOMENDACIONES	130
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	131
ANEXOS	
ANEXO N° 1	139
ANEXO N° 2	140
ANEXO N° 3: Ecuación BI – 01	141
ANEXO N° 4: Ecuación BI – 02	144
ANEXO N° 5: Ecuación BI – 03	148
ANEXO N° 6: Ecuación BI – 04	152
ANEXO N° 7: Ecuación BI – 05	157
ANEXO N° 8: Ecuación BI – 06	162
ANEXO N° 9: Ecuación BI – 07	165
ANEXO N° 10: Ecuación BI – 08	170
ANEXO N° 11: Ecuación BI – 09	175
ANEXO N° 12: Ecuación BI – 10	180
ANEXO N° 13: Ecuación BI – 11	185
ANEXO N° 14: Ecuación BI – 12	190
ANEXO N° 15: D.S 002 – 2008 – MINAM. Categoría 4 de agua	194
ANEXO N° 16: D.S 015 – 2015 – MINAM. Categoría 4 de agua	196
ANEXO N° 17: Rangos de Erosión	198
ANEXO N° 18: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 01	199
ANEXO N° 19: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 02	200
ANEXO N° 20: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 03	201
ANEXO N° 21: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 04	202
ANEXO N° 22: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 05	203
ANEXO N° 23: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 06	204

ANEXO N° 24: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 07	205
ANEXO N° 25: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 08	206
ANEXO N° 26: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 09	207
ANEXO N° 27: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 10	208
ANEXO N° 28: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 11	209
ANEXO N° 29: Tabla de valores por parámetro (2008 – 2026) BI – 12	210
ANEXO N° 30: MATRIZ DE CONSISTENCIA	211
ANEXO N° 31: Validación de instrumentos (1er experto)	214
ANEXO N° 32: Validación de instrumentos (2do experto)	215
ANEXO N° 33: Validación de instrumentos (3er experto)	216

Indice de tabla

Tabla 1.	Ubicación geográfica y parámetros morfométricos	3
Tabla 2.	Operacionalización de Variables	22
Tabla 3.	Indicadores de la Operacionalización de Variables	23
Tabla 4.	Estaciones de Monitoreo	30
Tabla 5.	Definición e identificación de los puntos de control	33
Tabla 6.	Variables que influyen en el cambio de concentraciones de nutrientes	34
Tabla 7.	Oxígeno Disuelto 2008	35
Tabla 8.	Oxígeno Disuelto 2009	36
Tabla 9.	Oxígeno Disuelto 2010	36
Tabla 10.	Oxígeno Disuelto 2011	37
Tabla 11.	Oxígeno Disuelto 2013	38
Tabla 12.	Fórmula Polinómica para regresión de Oxígeno Disuelto del año 2013	38
Tabla 13.	Oxígeno Disuelto 2014	39
Tabla 14.	Oxígeno Disuelto 2015	39
Tabla 15.	DBO5 2008	40
Tabla 16.	DBO5 2009	40
Tabla 17.	DBO5 2010	41
Tabla 18.	DBO5 2012	41
Tabla 19.	DBO5 2013	42
Tabla 20.	Fórmula Polinómica para regresión de DBO5 del año 2013	42
Tabla 21.	DBO5 2014	43
Tabla 22.	Nitratos 2008	43
Tabla 23.	Nitratos 2010	44

Tabla 24. Nitratos 2010	44
Tabla 25. Fórmula Polinómica para regresión de nitratos del año 2010	45
Tabla 26. Nitratos 2011	45
Tabla 27. Nitratos 2012	46
Tabla 28. Nitratos 2013	46
Tabla 29. Nitratos 2014	47
Tabla 30. Nitratos 2015	47
Tabla 31. Fosfatos 2008	48
Tabla 32. Fosfatos 2009	48
Tabla 33. Fosfatos 2010	49
Tabla 34. Fórmula Polinómica para regresión de Fosfatos del año 2010	49
Tabla 35. Fosfatos 2011	50
Tabla 36. Fosfatos 2012	50
Tabla 37. Fosfatos 2013	51
Tabla 38. Fosfatos 2014	51
Tabla 39. Fosfatos 2015	52
Tabla 40. Temperatura 2008	52
Tabla 41. Temperatura 2009	53
Tabla 42. Temperatura 2010	53
Tabla 43. Temperatura 2011	54
Tabla 44. Temperatura 2012	54
Tabla 45. Temperatura 2013	55
Tabla 46. Fórmula Polinómica para regresión de temperatura del año 2013	55
Tabla 47. Temperatura 2014	56
Tabla 48. Temperatura 2015	56

Tabla 49. pH 2008	57
Tabla 50. pH 2009	57
Tabla 51. pH 2010	58
Tabla 52. pH 2011	58
Tabla 53. pH 2012	59
Tabla 54. pH 2013	59
Tabla 55. Fórmula Polinómica para regresión de pH del año 2013	60
Tabla 56. pH 2014	60
Tabla 57. Fórmula Polinómica para regresión de pH del año 2014	61
Tabla 58. pH 2015	61
Tabla 59. Instituto Nacional de Estadística e Informática	65
Tabla 60. Proyección de crecimiento de caudal	66
Tabla 61. Promedio DBO5	83
Tabla 62. Promedio Temperatura	84
Tabla 63. Promedio Oxígeno Disuelto	84
Tabla 64. Promedio pH	85
Tabla 65. Promedio Nitratos	85
Tabla 66. Promedio Fosfatos	86
Tabla 67. Proyecciones de indicadores para el año 2026	126

Indice de figura

	Paginas
Figura 1. Fórmulas para cálculo del TSI, obtenido de la investigación Diaz, Ana y Sotomayor	7
Figura 2. Elementos de construcción del Stella 9.0.2	17
Figura 3. Estableciendo Puntos de Control	33
Figura 4. Relación entre erosión y precipitación	63
Figura 5. Mapa de ubicación de hectáreas de totora en la Bahía Interior de Puno	67
Figura 6. BI – 01 (elaboración propia)	71
Figura 7. BI – 02 (elaboración propia)	72
Figura 8. BI – 03 (elaboración propia)	73
Figura 9. BI – 04 (elaboración propia)	74
Figura 10. BI – 05 (elaboración propia)	75
Figura 11. BI – 06 (elaboración propia)	76
Figura 12. BI – 07 (elaboración propia)	77
Figura 13. BI – 08 (elaboración propia)	78
Figura 14. BI – 09 (elaboración propia)	79
Figura 15. BI – 10 (elaboración propia)	80
Figura 16. BI – 11 (elaboración propia)	81
Figura 17. BI – 12 (elaboración propia)	82
Figura 18. BI – 01 Concentración anual promedio histórico de nitratos	88
Figura 19. BI – 01 Concentración anual promedio Stella de nitratos	89
Figura 20. BI – 01	89
Figura 21. BI – 01 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	90
Figura 22. BI – 01 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	90

Figura 23. BI – 01	91
Figura 24. BI – 02 Concentración anual promedio histórico de nitratos	91
Figura 25. BI – 02 Concentración anual promedio Stella de nitratos	92
Figura 26. BI – 02	93
Figura 27. BI – 02 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	93
Figura 28. BI – 02 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	94
Figura 29. BI – 02	94
Figura 30. BI – 03 Concentración anual promedio histórico de nitratos Tendencia de nitratos basada en datos históricos del punto de muestreo BI – 03, se obtiene un comportamiento oscilatorio con un comportamiento inicial al aumento y que paulatinamente continúa con disminución, sin embargo en el año 2015 manifiesta un aumento.	95
Figura 31. BI – 03 Concentración anual promedio Stella de nitratos	95
Figura 32. BI – 03	96
Figura 33. BI – 03 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	96
Figura 34. BI – 03 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	97
Figura 35. BI – 03	97
Figura 36. BI – 04 Concentración anual promedio histórico de nitratos	98
Figura 37. BI – 04 Concentración anual promedio Stella de nitratos	98
Figura 38. BI – 04	99
Figura 39. BI – 04 Concentración anual promedio histórico de nitratos	99
Figura 40. BI – 04 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	100
Figura 41. BI – 04	100
Figura 42. BI – 05 Concentración anual promedio histórico de nitratos	101
Figura 43. BI – 05 Concentración anual promedio Stella de nitratos	101
Figura 44. BI – 05	102

Figura 45. BI – 05 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	102
Figura 46. BI – 05 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	103
Figura 47. BI – 05	103
Figura 48. BI – 06 Concentración anual promedio histórico de nitratos	104
Figura 49. BI – 06 Concentración anual promedio Stella de nitratos	104
Figura 50. 49: BI – 06	105
Figura 51. BI – 06 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	105
Figura 52. BI – 06 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	106
Figura 53. BI – 06	106
Figura 54. BI – 07 Concentración anual promedio histórico de nitratos	107
Figura 55. BI – 07 Concentración anual promedio Stella de nitratos	107
Figura 56. BI – 07	108
Figura 57. BI – 07 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	108
Figura 58. BI – 07 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	109
Figura 59. BI – 07	109
Figura 60. BI – 08 Concentración anual promedio histórico de nitratos	110
Figura 61. BI – 08 Concentración anual promedio Stella de nitratos	110
Figura 62. BI – 08	111
Figura 63. BI – 08 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	111
Figura 64. BI – 08 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	112
Figura 65. BI – 08	112
Figura 66. BI – 09 Concentración anual promedio histórico de nitratos	113
Figura 67. BI – 09 Concentración anual promedio Stella de nitratos	113
Figura 68. BI – 09 Comportamiento de nitratos en el punto de monitoreo BI – 09, con proyección al 2026, que tiene una tendencia oscilatoria.	114

Figura 69. BI – 09 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	114
Figura 70. BI – 09 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	115
Figura 71. BI – 09	115
Figura 72. BI – 10 Concentración anual promedio histórico de nitratos	116
Figura 73. BI – 10 Concentración anual promedio Stella de nitratos	116
Figura 74. BI – 10	117
Figura 75. BI – 10 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	117
Figura 76. BI – 10 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	118
Figura 77. BI – 10	118
Figura 78. BI – 11 Concentración anual promedio histórico de nitratos	119
Figura 79. BI – 11 Concentración anual promedio Stella de nitratos	119
Figura 80. BI – 11	120
Figura 81. BI – 11 Concentración anual promedio histórico de fosfatos	120
Figura 82. BI – 11 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	121
Figura 83. BI – 11	121
Figura 84. BI – 12 Concentración anual promedio histórico de nitratos	122
Figura 85. BI – 12 Concentración anual promedio Stella de nitratos	122
Figura 86. BI – 12	123
Figura 87BI – 12. Concentración anual promedio histórico de fosfatos	123
Figura 88. BI – 12 Concentración anual promedio Stella de fosfatos	124
Figura 89. BI – 12	125

Resumen

La presente investigación comprende el modelamiento de sistemas dinámicos de nutrientes principalmente fosfatos y nitratos, a través del Software Stella 9.0.2 que permite pronosticar el estado futuro no sólo nutricional del cuerpo receptor, sino también de factores como crecimiento poblacional de ciudadanos y microorganismos, demanda biológica de oxígeno, erosión, precipitación, aguas residuales expulsadas, entre otros más indicadores que intervienen en el cambio de magnitud de fosfatos y nitratos en la Bahía Interior de Puno, 2016 – 2026. El Software Stella es una herramienta muy aplicada para explicar sistemas complejos dinámicos y permite establecer diversos escenarios que a su vez son ajustables para su reproducción a la realidad en que se aplica.

Palabras claves: Nutrientes, fosfatos, nitratos, sistema dinámico, Stella, microorganismos, PTAR, erosión.

Abstract

The present investigation includes the modeling of dinámica systems of nutrients mainly phosphates and nitrates, through the Software Stella 9.0.2 that allows predict the future status not only nutritional of the receptor body, but also the factos like the poblacional growth of the citizens and microorganisms, biological demand of oxigen, erosion, precipitation, expelled residual waters, among other indicators that intervene in the change of magnitud of phosphates and nitrates in the Interior Bay of Puno, 2016-2026. The Software Stella is a tool very diligent at explaining complex dynamic systems and it allows establish several scenarios that at the same time are ajustable for the reproduction to the reality that is applied.

Keywords: Nutrients, phosphates, nitrates, dynamic system, Stella, microorganisms, PTAR, erosion.