

**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS:**

**“EFECTO DEL USO DEL COAGULANTE NATURAL DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL LADO  
BAJO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO,  
DISTRITO DE MOQUEGUA EN LA  
PROVINCIA MARISCAL NIETO,  
REGION MOQUEGUA 2015”**

**PRESENTADO POR:**

**BACHILLER BELEN STEFANNY TEJADA TUMBA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL.**

**MOQUEGUA – PERÚ  
2015**

**PÁGINA DE JURADO**

.....  
DR. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO  
PRESIDENTE

.....  
MGR. LILIA MARY MIRANDA RAMOS  
SECRETARIO

.....  
ING. JOSÉ LUIS CRUZ MAMANI  
MIEMBRO

.....  
MGR. BLGO. JOSE ANTONIO VALERIANO ZAPANA  
ASESOR

**RESUMEN  
INTRODUCCIÓN**

<b>I. CAPITULO I:</b> .....	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.1 La problemática de la contaminación del agua.....	1
<i>Problemática del agua a Nivel Regional</i> .....	6
1.2 Formulación del problema.....	11
1.2.1 Problema principal.....	11
1.2.2 Problemas secundarios.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 General.....	13
1.3.2 Especifico.....	13
1.4 Justificación.....	13
1.5 Formulación de la hipótesis.....	14
1.5.1 Hipótesis Global.....	14
1.5.2 Hipótesis Derivadas.....	14
1.6 Operacionalización de variables.....	15
1.6.1 Identificación de variables.....	15
1.7 Alcance y Limitaciones.....	16
1.7.1 Alcances.....	16
1.7.2 Limitaciones.....	17
<b>II. CAPITULO II</b> .....	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	18
2.2 Bases Teóricas.....	21
2.2.1 Agua.....	21
2.2.1.1 Parámetros Físicos del agua.....	21
2.2.1.2 Parámetros Químicos del agua.....	26
2.2.2 Coagulación y Floculación.....	27

2.2.2.1	Coagulación .....	27
2.2.2.2	Floculación .....	32
2.2.3	La tuna como coagulante.....	34
2.2.3.1	Taxonomía de <i>Opuntia ficus-indica</i> "TUNA" .....	34
2.2.3.2	Características Principales de la Tuna.....	34
2.2.4	Medición de los Parámetros del agua .....	37
2.3	Base legal Estandares de calidad del agua para la agricultura .....	37
<b>III.</b>	<b>CAPITULO III:.....</b>	<b>41</b>
	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1	Materiales .....	41
3.1.1	Materiales de Campo.....	41
3.1.2	Materiales de Laboratorio .....	41
a)	Equipos .....	41
b)	Materiales de laboratorio .....	42
3.2	Metodología de Estudio: Fase de campo .....	42
3.2.1	Muestra de Tuna .....	42
a)	Recolección de las pencas de tuna.....	42
b)	Adecuación de la materia prima e insumos .....	43
3.2.2	Muestra de Agua.....	44
a)	Recolección de Muestras de Agua.....	44
b)	Recolección de datos de las Muestras de Agua .....	46
3.2.3	Efecto del Coagulante, y muestras.....	47
3.2.3.1	Turbidez (NTU) .....	48
3.2.3.2	pH.....	48
3.2.3.3	Conductividad .....	48
3.2.3.4	Salinidad .....	49
3.2.3.5	Temperatura .....	49
3.2.3.6	Oxígeno Disuelto .....	50
3.2.3.7	Color.....	50

3.3	Diseño de Investigación .....	51
3.3.1	Diseño de los Factores Físicoquímicos .....	51
3.3.2	Diseño del Factor de la Calidad del Agua .....	52
3.4	Procedimiento de análisis de Datos.....	57
3.4.1	Análisis de Varianza ANOVA.....	58
3.4.2	Prueba de tuckey .....	59
3.4.3	Unidad Experimental.....	60
<b>IV.</b>	<b>CAPITULO IV: .....</b>	<b>60</b>
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>60</b>
4.1	Resultados.....	60
<b>V.</b>	<b>CAPITULO V.....</b>	<b>94</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>94</b>
5.1	Conclusiones .....	94
5.2	Recomendaciones.....	96

<b>Índice de Tablas</b>		<b>Pág.</b>
Tabla 1	Principales fuentes de agua	3
Tabla 2	Balance hídrico	8
Tabla 3	Derecho de uso de agua	9
Tabla 4	Taxonomía del Nopal	35
Tabla 6	Parámetros para riego de Vegetales	40
Tabla 7	Tamaño de las Pencas	43
Tabla 8	Referencia geográfica del punto de Muestreo	45
Tabla 9	Etiqueta de muestra	46
Tabla 10	Muestras y Dosificaciones	47
Tabla 11	Diseño del factor de la calidad del agua	53
Tabla 12	Turbidez promedio de los tratamientos	61
Tabla 13	Prueba de homogeneidad de varianzas	62
Tabla 14	Prueba de ANOVA en turbidez	63
Tabla 15	Cuadro de comparaciones múltiples en Tratamientos (TUKEY)	64
Tabla 16	Comparaciones múltiples (post hoc), TUKEY	65
Tabla 17	pH promedio de los tratamientos	67
Tabla 18	Prueba de homogeneidad de varianzas	68
Tabla 19	Prueba de ANOVA en el pH	68
Tabla 20	Cuadro de comparaciones múltiples en Tratamiento (TUKEY)	69
Tabla 21	Comparaciones múltiples (post hoc), TUKEY	71
Tabla 22	O.D. promedio de los tratamientos	72
Tabla 23	Prueba de homogeneidad de varianzas	73
Tabla 24	Prueba de ANOVA en el O.D.	73
Tabla 25	Cuadro de comparaciones múltiples en Tratamiento (TUKEY)	74
Tabla 26	Comparaciones múltiples (post hoc), TUKEY	75
Tabla 27	Color promedio de los tratamientos	77
Tabla 28	Prueba de homogeneidad de varianzas	78
Tabla 29	Prueba de ANOVA en el Color	78
Tabla 30	Cuadro de comparaciones múltiples en Tratamiento (TUKEY)	79
Tabla 31	Comparaciones múltiples (post hoc), TUKEY	81
Tabla 32	Conductividad promedio de los tratamientos	82
Tabla 33	Prueba de homogeneidad de varianzas	83
Tabla 34	Prueba de ANOVA en el Conductividad	83
Tabla 35	Cuadro de comparaciones múltiples en Tratamiento (TUKEY)	84
Tabla 36	Comparaciones múltiples (post hoc), TUKEY	86
Tabla 37	Análisis fotoquímico de la Tuna	87
Tabla 38	Balance de masa por operación	88
Tabla 39	Propiedades del polvo extraído de la Tuna	89
Tabla 40	Condiciones iniciales del agua cruda o M-0	90

## Índice de Figuras

		<b>Pág.</b>
Figura 1	Usos del agua en los Sectores	4
Figura 2	Estadística del uso del agua	4
Figura 3	Volumen de agua con derechos	10
Figura 4	Concentración de saturación de oxígeno en agua	25
Figura 5	Proceso de Coagulación– floculación	29
Figura 6	Pencas de Nopal	35
Figura 7	Espectro infrarrojo del coagulante obtenido de la Tuna	36
Figura 8	Georreferencia del Punto de Muestreo	45
Figura 9	Multiparametrico YSI MODELO 63	105
Figura 10	Multiparametrico YSI Proodo	107
Figura 11	Turbidimetro 2100Q	110
Figura 12	Medidor de color – Escala Hazen	112
Figura 13	Regla de color – Escala Hazen	114

## Anexos

		<b>Pág.</b>
Anexo 1	Lecturas de los parámetros	98
Anexo 2	Obtención del coagulante	100
Anexo 3	Descripción de Equipos	101
Anexo 4	Toma de muestras	119
Anexo 5	Muestras en laboratorio y dosificación de coagulante	122
Anexo 6	Calibración y equipos	125
Anexo 7	Aplicación del coagulante en las muestras	126
Anexo 8	Lecturas de las muestras	130
Anexo 8	Plano de ubicación del punto de muestreo	135

## Índice de Gráficos

		<b>Pág.</b>
Grafico 1	Gráfico de Cajas de las medias en turbidez	66
Grafico 2	Gráfico de Cajas de las medias de pH	71
Grafico 3	Gráfico de Cajas de las medias de Oxígeno Disuelto	76
Grafico 4	Gráfico de Cajas de las medias de color	81
Grafico 5	Gráfico de Cajas de las medias en conductividad	86
Gráfico 6	a. Porcentaje de remoción de color	91
	b. Porcentaje de remoción de turbidez	91

## **Dedicatoria**

A mi madre, que iluminó el camino y me alentó durante todo el tiempo, sin condicionar su soporte. Porque en los momentos más inadvertidos se convirtió en la mejor compañera.

A mi familia, que es el motivo para seguir mejorando como hija, sobrina, amiga y profesional, pero principalmente como persona, porque es necesario para el progreso de esta sociedad.



## **Agradecimiento**

A mi madre, Angela, por atender y apoyar aun sin comprender cada una de las metas trazadas en el lineamiento de mi vida; manteniendo su fe intacta incluso ante mis errores y caídas, acompañándome con paciencia a dejar las primeras marcas de mi profesión.

A mi enamorado, John, que tras sus constantes palabras de aliento me impulsó a potenciar mi capacidad, ampliando mi visión de compromiso social y bienestar, para obtener mi título profesional, pero principalmente por haber despertado en mí un concepto a aplicar por el resto de mi vida: la mejora continua.

Al ingeniero Joe Cordero, por mostrarme y enseñarme el uso de los equipos, y por permitirme desarrollar mis pruebas en la Unidad Minera Cuajone; esto hizo posible alcanzar el conocimiento básico para el desarrollo de la investigación.

Por último, y no menos importante, quiero agradecer a mi asesor Mgr. Blgo. José Antonio Valeriano Zapana, por no haberme alejado de los objetivos de mi investigación y por su compromiso para con mi trabajo.

Belen Stefanny Tejada Tumba

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el efecto del uso del coagulante natural de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la calidad del agua en el sector del lado bajo de San Antonio, en el distrito de Moquegua.

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorio, en el que se comparan tratamientos, cada uno con 3 réplicas (15 lecturas). La muestra se recogió en envases de plástico de boca ancha (1 L.). Se eligió como punto de muestreo el canal que se encuentra en la zona de Santa Rosa, punto céntrico de distribución del agua para cinco chacras aledañas. Las pencas utilizadas en el proceso pesan aproximadamente 2410 gr. La tuna picada o pulpa pesó aproximadamente 1510 gr, y el resto de la corteza unos 900 gr. Estas fueron dispuestas al azar y cada tratamiento se vertió en forma aleatoria en cada botella de muestra de agua recogida. El coagulante se pesó en bolsitas de 1 gr., 0.70 gr., 0.50 gr., 0.15 gr., 0.10 gr. Para ser utilizados en las muestras de agua recolectadas (M0, M1, M2, M3, M4, M5).

Como conclusión general, se encontró que el uso del coagulante natural de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), tiene un efecto positivo en los parámetros pH, oxígeno disuelto y color de la calidad del agua en la zona del lado bajo de San Antonio, pero no en la turbidez.