

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LA EVOLUCION DE LA CALIDAD
QUIMICA DEL AGUA EN EL ACUIFERO DEL
VALLE DE GUAYMAS SONORA**

POR

HERIBERTO COTA VASQUEZ

Como requisito parcial para obtener el
Grado de MAESTRIA EN CIENCIAS con
Especialidad en Hidrología Subterránea.

Septiembre, 2002

**ESTUDIO DE LA EVOLUCION DE LA CALIDAD
ESTADISTICA DE LA EVOLUCION DE LA CALIDAD
QUIMICA DEL AGUA EN EL ACUIFERO DEL
VALLE DE GUAYMAS SONORA**

TM
TD229
.G8
C6
2002
c.1



1080116302

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD
QUÍMICA DEL AGUA EN EL ACUÍFERO DEL
VALLE DE GUAYMAS SONORA

POR

HERIBERTO COTA VASQUEZ

Como requisito parcial para obtener el
Grado de MAESTRIA EN CIENCIAS con
Especialidad en Hidrología Subterránea.

Septiembre, 2002

TM

FD 229

.G8

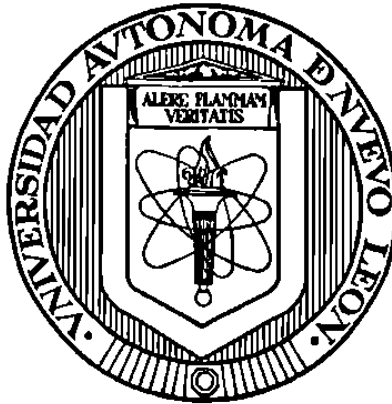
C6

2002



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA
DEL AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE
GUAYMAS SONORA**

Por

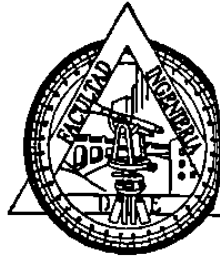
HERIBERTO COTA VASQUEZ

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Hidrología Subterránea**

Septiembre, 2002



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: HERIBERTO COTA VÁSQUEZ

Tema de la tesis: ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS, SONORA.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(ninguna)

Nombre y firma de quien corrigió:

Arq. Ramón Longoria-Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 13 de mayo de 1999.

24 de abril del 2002

ING. OSCAR JOSÉ MOREIRA FLORES


Presidente del Comité de Maestría

PRESENTE

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis " ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS SONORA", que presenta el Ing. Heriberto Cota Vásquez, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Hidrología Subterránea, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como APROBADA.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE


M. en C. Víctor Hugo Guerra Cobián

Monterrey N.L., a 21 de Enero de 2002

Ing. Justino Cesar González Álvarez, M en I
Subdirector de estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Presente

Estimado M. en I. González Álvarez:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como *EVALUADOR* de la tesis

**“ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL
AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS SONORA”**

que presenta el *Ing. Heriberto Cota Vázquez*, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Hidrología Subterránea, informo a Usted que después de haber leído y evaluado críticamente la calidad de la tesis, dictamino que la misma es APROBADA.

Sin otro particular por el momento y saludándole cordialmente, manifiesto mi disponibilidad para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

ATENTAMENTE



M. en C. Juan Manuel Chapa Guerrero

Monterrey N.L., a 21 de Enero de 2002

Ing. Justino Cesar González Álvarez, M en I
Subdirector de estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Presente

Estimado M. en I. González Álvarez:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como *EVALUADOR* de la tesis

**“ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL
AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS SONORA”**

que presenta el *Ing. Heriberto Cota Vázquez*, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Hidrología Subterránea, informo a Usted que después de haber leído y evaluado críticamente la calidad de la tesis, dictamino que la misma es APROBADA.

Sin otro particular por el momento y saludándole cordialmente, manifiesto mi disponibilidad para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

ATENTAMENTE



M. en C. Juan Manuel Chapa Guerrero

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUIMICA
DEL AGUA EN EL ACUIFERO DEL VALLE
DE GUAYMAS SONORA**

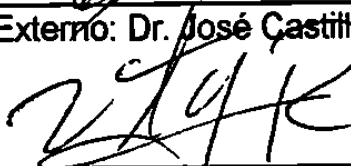
Aprobación de la Tesis:



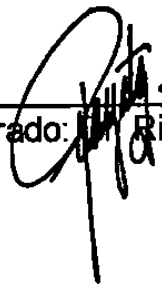
Aseso. Externo: M. I. Eva Lourdes Vega Granillo



Coasesor. Externo: Dr. José Castillo Gurrola



Asesor Interno: M. C. Víctor M. Aguilera Reyes



Secretario de Postgrado: Ricardo González Alcorta

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a Sta. María

A mi familia, especialmente al Sr. Hilario Cota Esquer y Sra. Ma. Lorenza Vásquez de Cota

A todos los maestros de la Universidad Autónoma de Nuevo León, especialmente al M.C. Víctor M. Aguilera Reyes por sus consejos, enseñanzas y asesoría en esta tesis.

A la Universidad de Sonora, especialmente al M.C. Arturo Ojeda de la Cruz, de la Escuela de Ing. Civil y Minas, a la M.I. Eva Lourdes Vega Granillo asesora externa de la Escuela de Geología, al Dr. José Castillo Gurrola, coasesor externo y al M.A. Miguel Angel Ríos A., de la Escuela de Agricultura y Ganadería, todos excelentes personas y maestros. A todos les agradezco su confianza, sus consejos y apoyo.

También de la Universidad de Sonora, a los alumnos: Guadalupe Borgos Valdez (Pupy), Claudio Escalante, José Luis Córdova, Juan Pablo Córdova, quienes con mi asesora y coasesor participamos en las visitas de campo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo en la realización de la Maestría.

DEDICATORIA

A Dios y a Sta. María

A mi familia, especialmente al Sr. Hilario Cota Esquer y Sra. Ma. Lorenza Vásquez de Cota

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	6
4. ANTECEDENTES DE LOS PROBLEMAS DEL VALLE DE GUAYMAS	9
5. EL MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	
5.1 Geología del Valle de Guaymas	11
5.2 Suelos del Valle de Guaymas	19
6. HIDRÁULICA	
6.1 Superficial	
6.1.1 Climatología	20
6.1.2 Aprovechamientos.	25
6.2 Subterránea	
6.2.1 Censo de Pozos	26
6.2.2 Estudios Geofísicos del Valle de Guaymas	26
6.2.3 Fronteras	28
6.2.4 Evolución de la Piezometría	28
7. ESTUDIO DE LA HIDROGEOQUIMICA	
7.1 Calidad del agua subterránea.	33
7.2 Constituyentes químicos estudiados en el Valle de Guaymas	40
7.3 Análisis de los datos históricos	44
8. RESULTADOS	
8.1 Familias de aguas	48

8.2 Evolución de la calidad química del agua	
subterránea	69
8.2.1 Conductividad Eléctrica	76
8.2.2 Potencial de Hidrógeno.	81
8.2.3 Sólidos Totales Disueltos.	85
8.2.4 Bicarbonato	90
8.2.5 Sulfatos	94
8.2.6 Sodio	98
8.2.7 Cloro	103
8.3 Contaminación del agua subterránea.	108
9. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	114
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
APÉNDICE	117
REFERENCIAS	140

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I.- Divisiones de la cuenca del Río Mátape . . .	20
II.- Temperaturas en las estaciones climatológicas de la cuenca del Río Mátape	21
III.- Precipitación en las estaciones de la cuenca del Río Mátape	24
IV.- Valores más frecuentes del agua de lluvia en ppm	34
V.- Resultados de Montes de Oca en 1988.	44
VI.- Muestreo de algunos pozos del Valle de Guaymas .	110
VII.- Resumen de la figura 14 a la 29	112
VIII.- Clasificación del agua para riego según Wilcox.	113

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.- Parte del equipo usado en el campo	5
2.- Región Hidrológica 9 y cuenca del Río Mátape.	7
3.- Ubicación de la cuenca del Río Mátape y Valle de Guaymas en el estado de Sonora	8
4.- Sierra y valle en la zona de estudio	13
5.- Zona anómala y sondeo paralelo a la línea de la costa y a la carretera Guaymas-Obregón	16
6.- Sondeo paralelo a la línea de la costa y a la carretera Guaymas-Obregón	17
7.- Geología en el estado de Sonora.	18
8.- Climas en el estado de Sonora	23
9.- Evolución de la piezometría del pozo 26 del Valle de Guaymas	29
10.- Niveles estáticos en el Valle de Guaymas en 1975	31
11.- Niveles estáticos en el Valle de Guaymas en 1996	32
12.- Diagrama de Wilcox para aguas de riego	39
13.- Ubicación de los pozos seleccionados del Valle de Guaymas	50
14.- Diagramas de Stiff del pozo 138.	51
15.- Diagramas de Stiff del pozo 135.	52
16.- Diagramas de Stiff del pozo 20	53
17.- Diagramas de Stiff del pozo 27	54
18.- Diagramas de Stiff del pozo 83	55

19.- Diagramas de Stiff del pozo 70	56
20.- Diagramas de Stiff del pozo 131.	57
21.- Diagramas de Stiff del pozo 1-CP	58
22.- Diagramas de Stiff del pozo 13-SM	59
23.- Diagramas de Stiff del pozo 14-SM	60
24.- Diagramas de Stiff del pozo 54-SM	61
25.- Diagramas de Stiff del pozo 50-JMM	62
26.- Diagramas de Stiff del pozo 109	63
27.- Diagramas de Stiff del pozo 118	64
28.- Diagramas de Stiff del pozo 121	65
29.- Diagramas de Stiff del pozo 143	66
30.- Diagrama de Piper de los pozos del Valle de Guaymas en 1997	67
31.- Diagrama de Piper de los pozos del Valle de Guaymas en 1998	68
32.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 138 del Valle de Guaymas	70
33.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 135 del Valle de Guaymas	70
34.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 70 del Valle de Guaymas	70
35.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 83 del Valle de Guaymas	71
36.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 27 del Valle de Guaymas	71
37.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 20 del Valle de Guaymas	71
38.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 131 del Valle de Guaymas	72

39.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 1-CP del Valle de Guaymas	72
40.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 13-SM del Valle de Guaymas	72
41.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 14-SM del Valle de Guaymas	73
42.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 54-SM del Valle de Guaymas	73
43.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 50-JMM del Valle de Guaymas	73
44.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 109 del Valle de Guaymas	74
45.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 118 del Valle de Guaymas	74
46.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 121 del Valle de Guaymas	74
47.- Tendencia de los valores de Cl del pozo 143 del Valle de Guaymas	75
48.- Isovalores de CE del Valle de Guaymas en 1975. .	78
49.- Isovalores de CE del Valle de Guaymas en 1986. .	79
50.- Isovalores de CE del Valle de Guaymas en 1996. .	80
51.- Isovalores de pH del Valle de Guaymas en 1975. .	82
52.- Isovalores de pH del Valle de Guaymas en 1986. .	83
53.- Isovalores de pH del Valle de Guaymas en 1996. .	84
54.- Isovalores de STD del Valle de Guaymas en 1975 .	87
55.- Isovalores de STD del Valle de Guaymas en 1986 .	88
56.- Isovalores de STD del Valle de Guaymas en 1996 .	89
57.- Isovalores de HcO3 del Valle de Guaymas en 1975 .	91
58.- Isovalores de HcO3 del Valle de Guaymas en 1986 .	92
59.- Isovalores de HcO3 del Valle de Guaymas en 1996 .	93

60.- Isovalores de SO ₄ del Valle de Guaymas en 1975 .	95
61.- Isovalores de SO ₄ del Valle de Guaymas en 1986 .	96
62.- Isovalores de SO ₄ del Valle de Guaymas en 1996 .	97
63.- Isovalores de Na del Valle de Guaymas en 1975. .	100
64.- Isovalores de Na del Valle de Guaymas en 1986. .	101
65.- Isovalores de Na del Valle de Guaymas en 1996. .	102
66.- Isovalores de Cl del Valle de Guaymas en 1975. .	105
67.- Isovalores de Cl del Valle de Guaymas en 1986. .	106
68.- Isovalores de Cl del Valle de Guaymas en 1996. .	107

RESUMEN

Heriberto Cota Vásquez

Fecha de Terminación de Créditos de la Maestría: Diciembre 1996

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título de la Tesis: ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS SONORA.

Numero de Páginas: 142

Candidato para el grado de Maestría Ciencias con Especialidad en Hidrología Subterránea.

Area de Estudio: Geohidrología Aplicada a la Ingeniería

Propósito, Contribuciones y Conclusión general: Actualmente los acuíferos costeros con intrusión salina van en aumento, afectando los campos agrícolas en sus respectivas regiones; tal es el caso del acuífero del Valle de Guaymas, desde hace varios años. Para esta tesis se estudiaron las evoluciones de elementos como: Conductividad Eléctrica, Potencial de Hidrógeno, Sólidos Totales Disueltos, Bicarbonatos, Sulfatos, Sodio y Cloro, se seleccionaron varios pozos considerando que representarían varios puntos del acuífero, para cada uno de estos pozos se hicieron los diagramas de Stiff de los años 1975, 1986 y 1996 entre otros, esto para conocer mejor este acuífero y conociendo la magnitud del problema en la actualidad aportar soluciones al mismo, así como contribuir a futuras investigaciones que se realicen en esta región.