



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN HIDROCIENCIAS

**“DETERMINACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y
DEL SUELO EN EL DISTRITO DE RIEGO 066 DEL VALLE DE SANTO
DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR”**

ANA ELIZABETH MARÍN CELESTINO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**


DOCTORA EN CIENCIAS


MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2012

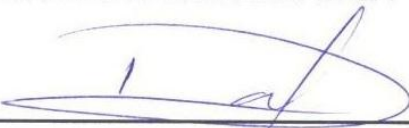
La presente tesis, titulada: “**Determinación e Interpretación de la Calidad del Agua y del Suelo en el Distrito de Riego 066 del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur**”, realizada por el alumno: **Ana Elizabeth Marín Celestino**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

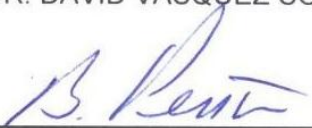
DOCTOR EN CIENCIAS
HIDROCIENCIAS
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. FRANCISCO GAVI REYES

ASESOR: 
DR. HÉCTOR FLORES MAGDALENO

ASESOR: 
DR. CARLOS RAMÍREZ AYALA

ASESOR: 
DR. DAVID VÁSQUEZ SOTO

ASESOR: 
DR. BENJAMÍN PEÑA OLVERA

Montecillo, Texcoco, Edo. de México; Diciembre de 2012

DETERMINACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN EL DISTRITO DE RIEGO 066 DEL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Ana Elizabeth Marín Celestino, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

La calidad del agua y del suelo en un área agrícola son factores principales que repercuten en su sustentabilidad, debido a que una baja calidad en estos recursos reduce los rendimientos y causa toxicidad en los cultivos entre otros efectos adversos, afectando la productividad de la actividad y al ambiente. En el Distrito de Riego 066 del Valle de Santo Domingo se han detectado alteraciones notables en estos recursos, por esta razón este estudio planteó como objetivo evaluar e interpretar la calidad del agua del acuífero y suelo en el DR 066 y su relación con la producción agrícola. Se colectaron muestras de agua en 600 pozos de riego y de suelo en 710 parcelas; en cada muestra se determinó los siguientes parámetros: pH, CE, RAS, cationes, aniones, metales pesados y otros elementos. Estos resultados se interpretaron con base a los estándares nacionales e internacionales y además se formularon índices de calidad de agua y suelo (ICA y ICS respectivamente). En el caso de la calidad del agua, los análisis revelan que todos los pozos exceden los niveles máximos permisibles de estándares nacionales e internacionales de Conductividad eléctrica para uso agrícola y consumo humano; asimismo ningún pozo cumple los niveles permisibles de Cu, Mn, Al, Cr, Ni, Pb, y Co para ambos usos. El ICA calculado mostro que el agua es apta para la mayoría de los cultivos de la región excepto para maíz y frijol y para consumo humano se requieren de algún tratamiento de potabilización. Para el caso de la calidad del suelo, con base en los estándares nacionales e internacionales se determinó que los suelos no presentan problemas de salinidad y que las concentraciones de Cd, Pb y Ni no representan riesgo para los cultivos y la salud humana. Sin embargo de acuerdo al ICS los cultivos de frijol, naranja y maíz podrían disminuir sus rendimientos hasta en un 50%. La calidad del agua y suelo no han representado una limitante significativa en el desarrollo de la actividad agrícola en el Distrito, sin embargo existen evidencias de alteraciones en la calidad de los recursos agua y suelo que han obligado a los productores y gobierno a tomar medidas para enfrentar las complicaciones derivadas de este proceso.

Palabras clave: *calidad del agua, calidad del suelo, contaminación agrícola, estándares de calidad*

DETERMINATION AND INTERPRETATION OF WATER AND SOIL QUALITY IN
THE 066 IRRIGATION DISTRICT OF VALLEY OF SANTO DOMINGO, BAJA
CALIFORNIA SUR

Ana Elizabeth Marín Celestino, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2012

ABSTRACT

Water and soil quality in an agricultural area are major factors that affect their sustainability, because lower quality on these resources reduces the yields and may cause toxicity on crops among other adverse effects, affecting the productivity of crops and the environment. In the 066 Irrigation District of Santo Domingo Valley alterations have been detected in these resources, therefore this study had the objective of evaluating and interpreting the aquifer and soil quality in the 066 Irrigation District and its relationship with agricultural production. Water samples were collected in 600 irrigation wells and soil samples in 710 agricultural plots. For each sample the following parameters were analyzed: pH, EC, SAE, cations, anions, heavy metals and other elements. The results were interpreted on the basis of national and international standards. Quality indices of water and soil (WQI and SQI respectively) were also determined. In the case of water quality, the analyzes reveal that all the wells exceed maximum permissible national and international standards levels of electrical conductivity for agriculture and human consumption, furthermore none well fulfills the standards of Cu, Zn, Al, Cr, Ni, Pb, and Co for both uses. The calculated WQI was suitable for most crops in the region except for maize and bean crops and for human consumption, since they require some kind of treatment. Regarding soil quality, based on national and international standards, there are not salinity problems, and Cd, Pb and Ni contents do not imply risk for crops and human health. The IQS indicated that yields of bean, orange and corn crops will decrease by up to 50%. Based on the above mentioned, water and soil quality do not represent a significant constraint for agricultural production in the 066 Irrigation District, but there is evidence of alterations in the quality of water and soil resources that have forced producers and government to take actions to cope those problems.

Key words: *water quality, soil quality, agricultural contamination, quality standards*

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por haberme brindado la oportunidad de seguir con mi formación académica y personal, mi más sincero agradecimiento y reconocimiento siempre.

Mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, por el apoyo económico brindado durante mis estudios.

Mi agradecimiento a la Comisión Nacional del Agua que gracias a los Convenios de Colaboración Específicos No. CNA-DLBCS-CP-01/2010 y No. CNADLBCS-CP-02/2010, se hizo posible concluir el presente trabajo.

A los integrantes de mi Consejo Particular:

Mis más sincero agradecimiento al Dr. Francisco Gavi Reyes por sus atinadas indicaciones y consejos, mismos que me fueron de gran utilidad para la realización de mis estudios de doctorado y por la magistral asesoría para dirigir el presente trabajo de tesis.

Al Dr. Héctor Flores Magdaleno le agradezco mucho la orientación, el apoyo y la colaboración desinteresada en la investigación.

Al Dr. Enrique Mejía Sáenz y al Dr. David Vásquez Soto mi agradecimiento por sus aportaciones y valioso apoyo que hizo posible llevar a cabo el presente trabajo.

Al Dr. Carlos Ramírez Ayala le agradezco mucho su apoyo, sus amplios conocimientos que me ayudaron a perfeccionar el trabajo de investigación.

Al Dr. Benjamín Peña Olvera le agradezco su valioso esfuerzo y atención que me brindó, su apoyo y orientación me permitió concluir el trabajo de tesis. .

DEDICATORIA

A dios por acompañarme en todo momento y cuidarme, y por haberme dado salud, permitiéndome cumplir mis objetivos.

A mis padres les dedico esta tesis, también ha sido su logro gracias a su apoyo incondicional pude llegar hasta aquí.

A mis hermanas y hermanos, quienes también han sido un gran apoyo para mí y a quienes les agradezco su compañía.

A Diego Armando Martínez que ha estado conmigo en todo momento, mil gracias por tu apoyo y motivación.

A mis amigos y amigas, quienes me han apoyado y con los que he compartido mi tiempo.

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES	3
2.3. HIPÓTESIS GENERAL	4
2.4. HIPÓTESIS PARTICULARES	4
CAPÍTULO III. CALIDAD DE AGUA Y SUELO EN LA AGRICULTURA DE RIEGO (REVISIÓN DE LITERATURA)	5
3.1. INTRODUCCIÓN	5
3.2. CALIDAD DEL AGUA	5
3.2.1. Características químicas del agua	6
3.2.2. Estándares internacionales	7
3.2.3. Estándares nacionales	10
3.2.4. Índices de calidad del agua para uso agrícola y para consumo humano	10
3.2.5. Efectos negativos de la calidad del agua en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana	15
3.3. CALIDAD DEL SUELO	16
3.3.1. Características fisicoquímicas del suelo y estándares nacionales e internacionales	17
3.3.2. Índices de calidad del suelo para uso agrícola	18
3.3.3. Efectos de la calidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana	21
3.4. RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO Y LA	22

CALIDAD DEL SUELO

3.5. LITERATURA CITADA	24
CAPÍTULO IV. CALIDAD DE AGUA EN EL DISTRITO DE RIEGO 066, BAJA CALIFORNIA SUR	28
4.1. RESUMEN	28
4.2. INTRODUCCIÓN	29
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.3.1. Ubicación del área de investigación	31
4.3.2. Procedimiento de muestreo	31
4.3.3. Procedimientos analíticos	32
4.3.4. Estándares nacionales e internacionales	33
4.3.5. Cálculos del índice de calidad del agua	33
4.3.6. Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica	34
4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.4.1. Valores de las determinaciones químicas del agua	35
4.4.2. Comparación normativa de la salinidad, metales y otros elementos químicos	36
4.4.2.1. RAS y CE	36
4.4.2.2. Elementos que contribuyen a la salinidad	41
4.4.2.3. Metales pesados y otros elementos químicos	48
4.4.3. Índices de calidad del agua	54
4.4.3.1. Calidad del agua para uso potable	54
4.4.3.2. Calidad del agua para uso agrícola	55
4.4.3.3. Calidad del agua para uso en pesca y vida acuática	56
4.5. CONCLUSIONES	57
4.6. LITERATURA CITADA	58

CAPÍTULO V. CALIDAD DEL SUELO EN EL DISTRITO DE RIEGO 066, BAJA CALIFORNIA SUR	63
5.1. RESUMEN	63
5.2. INTRODUCCIÓN	64
5.3. MATERIALES Y MÉTODOS	67
5.3.1. Ubicación del área de investigación	67
5.3.2. Procedimiento de muestreo	67
5.3.3. Procedimientos analíticos	68
5.3.4. Estándares nacionales e internacionales de calidad del suelo	69
5.3.5. Cálculo del índice de la calidad del suelo (ICS)	69
5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.4.1. Valores de las determinaciones químicas de suelo	71
5.4.2. Comparación normativa	71
5.4.2.1. Salinidad de suelos	73
5.4.2.2. Fertilidad de suelos	76
5.4.2.3. Metales pesados	81
5.4.3. Índices de Calidad de suelos (ICS y IQI)	82
5.5. CONCLUSIONES	88
5.6. LITERATURA CITADA	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	92
1. Conclusiones	92
2. Recomendaciones	94

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 3.1. Estándares de calidad del suelo y parámetros propuestos	18
Cuadro 3.2. Índices propuestos para evaluar la calidad de los suelos	19
Cuadro 4.1. Determinaciones químicas de las muestras de agua	33
Cuadro 4.2. Clasificación de ICA para consumo humano y uso agrícola	34
Cuadro 4.3. Determinaciones químicas y medidas de variabilidad	35
Cuadro 4.4. Estándares de las normativas nacionales e internacionales aplicados a las determinaciones de salinidad del DDR 066	37
Cuadro 4.5. Pozos que exceden y no LMP de la normatividad nacional e internacional	38
Cuadro 4.6. Estándares de las normas aplicables a las determinaciones de metales pesados y otros elementos	48
Cuadro 4.7. Clasificación de los pozos con agua que cumple o no con la normatividad para uso potable y uso agrícola	52
Cuadro 4.8. Efectos negativos en los cultivos cuando se exceden los LMP de metales pesados y otros elementos	52
Cuadro 4.9. Efectos negativos en la salud humana cuando se exceden los LMP de metales y otros elementos (OMS, 2006)	53
Cuadro 5.1. Determinaciones en laboratorio de acuerdo a los procedimientos de la NOM-021-SEMARNAT-2000	68
Cuadro 5.2. Determinaciones fisicoquímicas de muestras de suelo	71

Cuadro 5.3.	Estándares aplicables a las determinaciones químicas de muestras de suelo	72
Cuadro 5.4.	Clasificación de la fertilidad de los suelos en número de hectáreas	79
Cuadro 5.5.	Superficie de calidad del suelo y porcentaje que representa del total del distrito de riego	82
Cuadro 5.6.	Superficie de calidad del suelo y porcentaje que representan del total de superficie del acuífero	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1. Localización del área de estudio	32
Figura 4.2. Parámetros de salinidad y cumplimiento de la normatividad en pozos del DDR 066	38
Figura 4.3. Distribución de concentraciones de RAS y ubicación de los pozos que exceden los LMP	39
Figura 4.4. Distribución de RAS y ubicación de pozos que no exceden los LMP de salinidad	40
Figura 4.5. Metales pesados en aguas de los pozos del DDR066 y cumplimiento de la normatividad	51
Figura 4.6. Calidad del agua para uso potable	55
Figura 4.7. Calidad del agua para uso agrícola	56
Figura 5.1. Distribución de la salinidad en el Distrito 066 Santo Domingo Baja California Sur	73
Figura 5.2. Clasificación de los niveles de salinidad, (USDA)	75
Figura 5.3. Distribución de los niveles de calidad del suelo, aplicando el índice de calidad propuesto por Harris et al., (1996)	83
Figura 5.4. Clasificación de la calidad del suelo y su extensión en el distrito de riego	85
Figura 5.5. Clasificación de la calidad del suelo y su extensión con base al IQI	87

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1.	Determinaciones químicas e identificación de cada uno de los pozos muestreados en el DDR 066	96
Anexo 2.	Identificación de cada uno de los pozos que excede y no los LMP de salinidad	105
Anexo 3.	Distribución de niveles de CE y localización de los pozos muestreados en el DDR 066	106
Anexo 4.	Distribución y localización de pozos que exceden los LMP de concentraciones de Na	106
Anexo 5.	Distribución de niveles de pH y localización de los pozos del DDR 066	107
Anexo 6.	Distribución y localización de pozos que exceden los LMP de concentraciones de Cl ⁻	107
Anexo 7.	Distribución de concentraciones de Mg y ubicación de los pozos en el DDR 066	108
Anexo 8.	Distribución de concentraciones de sulfatos y localización de los pozos en el DDR 066	108
Anexo 9.	Distribución de concentraciones de boro y localización de los pozos muestreados en el DDR 066	109
Anexo 10.	Distribución de concentraciones de nitratos y ubicación de los pozos muestreados en el DDR 066	109
Anexo 11.	Identificación de cada uno de los pozos que exceden los	110

LMP de metales pesados

Anexo 12.	Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Fe	111
Anexo 13.	Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Mn	111
Anexo 14.	Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Al	112
Anexo 15.	Distribución de los niveles de cromo en el agua de los pozos del DDR 066	112
Anexo 16.	Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Pb	113
Anexo 17.	Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Br	113
Anexo 18.	Distribución de los niveles de níquel y ubicación de los pozos en el DDR 066	114
Anexo 19.	Clasificación de niveles de PSI en el suelo, de acuerdo al USDA	114
Anexo 20.	Distribución de niveles de pH en el suelo y localización de sitios de muestreo en el DDR 066	115
Anexo 21.	Clasificación de niveles de MO en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	115
Anexo 22.	Clasificación de niveles de Nitrógeno inorgánico en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	116
Anexo 23.	Clasificación de niveles de P en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	116

Anexo 24.	Clasificación de niveles de Potasio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	117
Anexo 25.	Clasificación de niveles de Calcio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	117
Anexo 26.	Clasificación de niveles de Magnesio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000	

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

A escala mundial la calidad del agua está en riesgo por, la contaminación a causa de la urbanización, las actividades agrícolas, el desarrollo industrial y las actividades mineras. Su calidad se ve afectada principalmente por la generación incontrolada de contaminantes sobre el subsuelo en las actividades agrícolas, excediendo la capacidad natural de atenuación del subsuelo.

En la agricultura el término calidad del agua se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua para el riego de los cultivos. En cuya determinación se consideran como base las características químicas, así como las características físicas y las biológicas por el tipo de riego por goteo, micro aspersión o aspersión; asimismo se considera la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades del suelo, las condiciones del manejo del suelo y del agua y las condiciones climatológicas (Palacios y Aceves, 1970).

Actualmente los cambios en la calidad del agua, a través de la identificación del espacio y el tiempo son uno de las principales temas investigación (Chang, 2008); debido a la complejidad de los factores que determinan su calidad, y las variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua, lo que dificultan la evaluación (Borchardt, 1990).

Los problemas derivados del uso de agua de mala calidad, varían en cuanto al tipo y grado de contaminación, los más comunes son: la reducción del rendimiento del cultivo, resultado del incremento de la salinidad y los elementos tóxicos en las plantas; el deterioro de la calidad de los cultivos, que pone en riesgo la salud de los consumidores; deterioro de la resiliencia del suelo, como resultado de la degradación de las propiedades del suelo y acumulación de componentes tóxicos; así como los daños a los equipos de riego, como la corrosión o incrustaciones.

Desde hace algunos años se reconoce que en el acuífero de Santo Domingo existe afectación negativa a la calidad del agua, por la sobre explotación intensa, detectados en la disminución de los niveles estáticos y dinámicos, en la disminución del volumen obtenido por pozo y sobre todo en la intrusión de agua salina a los pozos cercanos al mar. En el Distrito de Santo Domingo la única fuente de abastecimiento de agua es la que se obtiene del acuífero, a través de pozos profundos, donde la mayoría del agua se utiliza para la agricultura y un 3% se utiliza para otros usos (Troyo *et al.*, 2010). Por lo antes mencionado, es importante hacer una evaluación del impacto de la calidad del agua del acuífero y la calidad del suelo del Distrito de Riego 066 sobre el ambiente.

CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua de los pozos y la calidad del suelo del Distrito de Riego 066 y su relación con la producción agrícola.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Comparar los valores de las características químicas del agua con los límites máximos permisibles nacionales e internacionales.
2. Clasificar el agua de pozo con base en los índices de calidad del agua para uso agrícola y para consumo humano.
3. Inferir los efectos de la calidad del agua en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana.
4. Clasificar los valores de las características fisicoquímicas del suelo con base en las normas nacionales e internacionales.
5. Clasificar el suelo con base en los índices de calidad del suelo para uso agrícola.
6. Inferir los efectos de la calidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana.

2.3. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua y la calidad de los suelos del Distrito de Riego 066 tienen efectos adversos en el rendimiento de los cultivos por los altos niveles de salinidad, de metales pesados y otros elementos.

2.4. HIPÓTESIS PARTICULARES

1. Los parámetros químicos del agua de los pozos exceden los límites máximos permisibles establecidos por la normativa nacional e internacional para uso agrícola y consumo humano.
2. La calidad del agua de los pozos impide su uso sin ningún tratamiento en la agricultura y para consumo humano.
3. El agua de los pozos tiene altas concentraciones de salinidad y de metales pesados que disminuye el rendimiento de los cultivos y afecta negativamente la salud de los consumidores.
4. Los valores de CE, PSI y los contenidos de elementos químicos clasificados de acuerdo a normas nacionales e internacionales permiten inferir su efecto en el desarrollo de los principales cultivos de DDR 066.
5. La calidad del suelo limita el rendimiento máximo de los principales cultivos del DDR 066.
6. Los índices de calidad del suelo del DDR 066 no son adecuados para la buena calidad de los productos agrícolas y representan riesgo a los habitantes y los consumidores finales.

CAPÍTULO III

CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

(REVISIÓN DE LITERATURA)

3.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales derivados del desarrollo agrícola, urbano e industrial es la degradación de los recursos suelo y agua y el consecuente detrimento de calidad de los mismos (González, 2006); debido al rápido desarrollo en muchas regiones agrícolas, que si bien han sido económicamente importantes, ambientalmente inestables (Wander *et al.*, 2002).

Evaluar el impacto requiere información adicional sobre la calidad del agua y sus implicaciones hacia el ambiente y la salud humana. Este capítulo se enfoca en los principales factores que afectan la calidad del agua y del suelo.

La calidad del agua de riego influye en la calidad del suelo, y tanto el agua como el suelo en forma separada o en su conjunto afectan la calidad de los cultivos y sus productos. Asimismo de manera individual o combinada pueden afectar negativamente la salud humana. A continuación se presentan tres subcapítulos: a) Calidad del agua; b) calidad del suelo; y C) relación entre la calidad del agua de riego y la calidad del suelo.

3.2. CALIDAD DEL AGUA

El término “*calidad de agua*” define las características físicas, químicas y microbiológicas para evaluar su aceptabilidad, de acuerdo al uso al que se destine el agua (Borchardt, 1990). Hendricks (1984) la define como la condición o estado de una determinada cantidad de la misma y se describe por medio de indicadores y medidas.

La alteración de su calidad es de origen natural o antrópico, principalmente por el incremento de SST, azolvamiento, turbidez, temperatura, nutrientes, evaporación, disminución de oxígeno, y por oligotrofia (Guzmán, 1980). En un acuífero es atribuido a las altas concentraciones de salinidad, sodicidad y toxicidad; las interacciones geológicas; las interacciones del agua subterránea con agua superficial; la filtración de agua que contiene SST y coloidales; por el intercambio de flujo entre acuíferos a través de fracturas naturales; por el contacto entre dos acuíferos y pozos a más de un acuífero; por la entrada directa de la superficie del suelo a través de pozos y el flujo de acuíferos adyacentes causados por bombeo (Al-Awadi *et al.*, 2003).

La valoración de la calidad del agua considera la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos y usos posibles; actualmente objeto de desacuerdos al aplicarlo para su regulación, pues no garantizan el resultado esperado en otras regiones con diferentes características. Ante esta situación se han desarrollado indicadores con criterios de evaluación propios, de acuerdo a las necesidades (Torres *et al.*, 2009).

3.2.1. Características químicas del agua

El control de la calidad del agua para uso y consumo humano es esencial para garantizar la salud de la población, en la agricultura ayuda a prevenir problemas potenciales en suelos bajo riego, garantizando el buen desarrollo y crecimiento de los cultivos.

Sus características químicas son aquellas sustancias minerales, que debido a elementos o compuestos químicos, pueden causar efectos nocivos a la salud humana, y deben estar comprendidas entre los límites que la experiencia ha encontrado necesaria o tolerable para el consumo humano. Los más comunes son: arsénico, aluminio, cadmio, cianuros, cobre, cromo total, plomo, sólidos, hierro, manganeso, cloruros, nitrógeno, sulfatos, fluoruros, nitratos, nitritos, sodio y zinc (Alarcón, 2005).

La regulación y el establecimiento de las características que debe contener el agua son importantes, así como su cuidado a través los programas de control y seguimiento. Es por ello que se han propuesto estándares de calidad para los diversos usos del agua: agrícola, potable, industrial, acuícola, etc., con diferentes exigencias de su calidad (Lawrence y Kuruppuarachchi, 1986; FAO, 1991). Los estándares de calidad son definidos como regulaciones establecidas por la legislación interna de cada país, para controlar el nivel de contaminantes en el agua; en su mayoría basados en los estándares internacionales como: La Unión Europea U.E, La Organización Mundial de Salud OMS, y La Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés).

3.2.2. Estándares internacionales

Estos estándares de calidad de agua son determinados por diferentes organizaciones o instituciones. La Unión Europea es una asociación política y económica que está formada por la unión de 27 países miembros. En aspectos relacionados con el manejo de los recursos hídricos, se organiza en directivas como: Directiva sobre las aguas superficiales, Directiva sobre el agua potable, Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas, Directiva de la calidad de las aguas de baño, Directiva de las aguas subterráneas, Directiva sobre nitratos y la Directiva de las aguas para cría de moluscos

Los estándares, respecto a la calidad del agua para consumo humano, son establecidos por la Directiva sobre el agua potable que establece normas de calidad del agua y funciona como un instrumento fundamental para proteger la salud pública; aplica a una serie de sustancias, propiedades y organismos que se les conoce como parámetros. Es especialmente estricta en relación a los parámetros microbiológicos por sus consecuencias en la salud pública.

Debido a los efectos negativos que tiene la lixiviación de nitratos a las aguas superficiales y subterráneas, la Directiva sobre nitratos, tiene por objetivo prevenir la introducción en altas cantidades por la presencia de cantidades excesivas de fertilizantes y residuos agrícolas. Por lo tanto ha establecido que los Estados miembros controlen las aguas superficiales y subterráneas, determinen las aguas contaminadas por nitratos y designen zonas vulnerables, como las zonas de agricultura intensiva con aguas contaminadas por nitratos.

Desde los años ochenta la Unión Europea ha venido incrementado sus políticas legislativas y financieras para el manejo y el cuidado de la calidad del agua potable y conservación del ambiente.

La primera Directiva de Aguas de Superficiales se elaboró en 1975, y a partir de ésta se desarrolló la de Agua Potable en 1980 que se centraba en los objetivos de calidad del agua con respecto a su tipo y a su uso; la directiva de 1991 sobre tratamiento de aguas residuales y nitratos, entre otras. También presentó varias propuestas para modificar las directivas planteando diferentes aspectos sobre el tema de aguas. Esto llevó en 1995 a integrar la legislación en una sola propuesta que permitiera la creación de un marco legal para políticas europeas de agua. Esta nueva directiva elaborada en 1998 se basa en la directiva de 1980 y es conocida como la directiva sobre Calidad de Agua para el Consumo Humano. Esta directiva se buscaba la estandarización de las normas que rigen el manejo de las aguas en los países miembros de la Unión Europea, brindando así una base sólida tanto para los consumidores como para los proveedores de agua potable, que permitiera controlar y vigilar la calidad del agua.

La Organización Mundial de Salud, también trabaja en aspectos relacionados con los estándares de calidad del agua para consumo humano. Entre las principales funciones que desempeña la OMS es proponer normas (guías), reglamentos y hacer recomendaciones sobre problemas de salud a nivel internacional. Respecto al agua, el saneamiento y la higiene estas funciones se realiza con la ayuda de guías

normativas: sobre calidad del agua potable, el uso seguro de aguas residuales, para el manejo seguro de residuos de centros de salud y las guías para ambientes seguros en aguas recreativas.

La OMS considera la calidad del agua potable de gran interés mundial, ya que tiene efectos secundarios importantes en la salud de la población. Desde 1958 la OMS ha publicado periódicamente “Estándares Internacionales de Agua Potable” ahora conocidas como “Guías para la Calidad del Agua Potable”. Éstas buscan mejorar la salud humana al ser usadas como base para la regulación de los estándares de agua potable en los países de todo el mundo.

Actualmente ha publicado tres ediciones, las dos primeras utilizadas como directrices para establecer las normas internas que regulan el agua potable de cada uno de los países y la tercera edición hace una evaluación de riesgo, describe un “Marco para la Seguridad de Agua potable ” y habla de los papeles y las responsabilidades de los poseedores, incluyendo los papeles complementarios de reguladores nacionales, comunidades y agencias "de vigilancia" independientes.

Estas guías cuidan la calidad del agua y la salud de la población, basadas en reglamentos y normas de países de todo el mundo. Señala como factores de riesgo los agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, etc. Pueden ser adoptadas e impuestas por algunos países voluntariamente (Rojas, 2002).

La EPA considera dos Leyes para el manejo de agua a nivel federal en los Estados Unidos: La Safe Drinking Water Act (SDWA) y la Clean Water Act (CWA). En términos generales, la SDWA se encarga del agua para consumo humano, descargas al agua subterránea, y los sistemas que conducen esta agua a los consumidores. La CWA se encarga de las descargas de contaminantes en aguas superficiales y sus tratamientos.

Aunque la mayoría del agua para consumo humano es de origen subterráneo, para su gestión se contemplan dos leyes. Partiendo del principio que para lograr la seguridad en el agua para consumo humano es necesario mantener la calidad en aguas superficiales.

La SDWA establece los límites que protege la salud de las personas y ecosistemas. Adicionalmente mantiene un programa de monitoreo para detectar contaminantes presentes en el agua para consumo humano que no están regulados en SDWA, y de esta manera actualizar sus estándares. Los estados tienen la oportunidad de establecer sus propios estándares siempre y cuando al menos estén al nivel de los federales. La EPA establece estándares para microorganismos, desinfectantes, productos para desinfección, químicos orgánicos e inorgánicos y radiactivos.

3.2.3. Estándares nacionales

En México, la regulación de la calidad del agua para consumo humano se realiza a través de la NOM-127-SSA-1994; surge cuando se considera fundamental prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales, por lo que se requiere establecer límites permisibles (SSA, 2000).

Las características del agua para potabilizar se clasifican en físicas, químicas y microbiológicas, cuyos valores máximos permisibles se encuentran establecidos en dicha norma "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano". Establece Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", con su última modificación que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en junio del 2000 (SSA, 2000).

3.2.4. Índices de calidad del agua para uso agrícola y para consumo humano

Un Índice de Calidad del Agua ICA es definido como la aptitud que tiene un cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que éste pueda tener. El ICA es una forma

de agrupación simplificada de algunos parámetros que indica el deterioro de la calidad del agua. De acuerdo a Torres (2009) es una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que sirven como expresión de la calidad del agua y puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

Esto explica la importancia que han adquirido los ICAs para valorar la calidad del agua, ya que engloban varios parámetros principalmente fisicoquímicos y microbiológicos, que permiten determinar el grado de contaminación de los cuerpos de agua.

Los ICAs surgen cuando en el monitoreo de los cuerpos de agua se quería entender la gran cantidad de datos obtenidos de varios parámetros que hacían difícil identificar los patrones de contaminación.

En un trabajo pionero, Horton (1965) desarrollo índices de calidad del agua, seleccionando y pesando muchos parámetros. Posteriormente en 1970 esta metodología fue mejorada por la Fundación de Sanidad Nacional de U.S.A. (NSF) calculando los pesos promedios de algunos parámetros predefinidos, normalizados en una escala de 0 a 100 y multiplicados por sus respectivos pesos (Ecuación 3.1).

$$NSF - WQI = \sum P_i C_i \dots \dots \dots \text{Ecuación 3.1}$$

Brown. (1973) propone una versión modificada del "WQI" (Water Quality Index) que fue desarrollada para la NSF con la finalidad de adaptar un sistema para comparar ríos de diferentes regiones del país, conocido como ICA.

En 1977 Provencher y Lamontagne definen un índice de calidad para cualquier uso de agua, simplemente determinando las especificaciones requeridas por dicho uso. Este indicador incluye diversas características físicas y químicas (Ecuación 3.2).

$$GQI = \sum_{i=1}^n Q_i P_i \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.2}$$

Años después Conesa Fernández Vitora (1997), modificó este método de la Fundación de Sanidad Nacional NSF (por sus siglas en inglés) y propuso otro índice llamado índice de calidad del agua subjetivo (ICA_{sub}) que incluía una constante subjetiva *k*. (Ecuación 3.3).

$$WQI_{sub} = k \frac{\sum_i C_i \times P_i}{\sum_i P_i} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.3}$$

Melloul y Collin (1998) realizan una evaluación de la calidad del agua subterránea en la región de Sharon de Israel, desarrollando un índice para valorar la calidad del agua del acuífero (IAWQ) considerando parámetros como Cl⁻ y NO₃ el primero se conserva químicamente y el segundo es un indicador sensible a la contaminación del agua subterránea. El índice propuesto evalúa numéricamente la calidad del agua para cualquier uso, se establece como una suma de pesos multiplicados por los índices respectivos de los diversos parámetros *i* para cada elemento (Ecuación 3.4).

$$IAWQ_j = C / n \left[\sum_{i=1}^n (W_{ri} \cdot Y_{ri}) \right] \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.4}$$

De acuerdo al autor este índice de calidad del agua de un acuífero (IAWQ) puede ser una herramienta para delimitar áreas donde se requiera especial atención, considerando los tipos específicos del uso del suelo (Melloul y Collin, 1998).

Otro índice llamado WQI_{min}, es propuesto por Pesce y Wunderlin (2000), es la media aritmética de tres parámetros ambientales, oxígeno disuelto (OD), turbiedad (T) y fosforo total (PT), normalizados mediante curvas de Conesa (Conesa, 1995) (Ecuación 3.5).

$$WQI_{\min} = \frac{DO+T+TP}{3} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.5}$$

Al igual que Brown *et al.* (1973), CETESB en los años 2004 -2006 adaptan un índice de calidad del agua fundamentado en el de la NSF, inicialmente con 35 variables, para después considerar 9 parámetros siendo los más relevantes para evaluar la calidad del agua para uso potable (Ecuación 3.6).

$$WQI = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.6}$$

Muchos ICAs han sido desarrollados para analizar datos químicos, mientras que muchos requieren cálculos complejos, hay muchos que son simples de usar (House y Ellis, 1987). Uno de los más conocidos fue desarrollado para su uso en Escocia (Scottish Development Department, 1976). Las variables clave son seleccionadas y dados diferentes ponderaciones para producir un valor de calidad del agua (Ecuación 3.7).

$$WQI = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \text{Water quality ratings} \right)^2}{100} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3.7}$$

Lermontov *et al.* (2009) proponen un nuevo índice de calidad llamado índice de calidad del agua difusa -FWQI- (por sus siglas en inglés), para ser calculado usando la interrelación de inteligencia artificial basado en la lógica difusa y las herramientas de inferencia difusas.

Akkoyunlu y Akiner (2012), evaluaron el grado de contaminación del agua del lago Sapanca en Turquía, usando índices de calidad del agua como: el índice de calidad del agua propuesto por el Consejo Canadiense de Ministro del medio ambiente

(CCME-WQI), el índice de calidad del agua de Oregón (OWQI) y el índice de calidad del agua de la Fundación nacional de Sanidad (NSF-WQI). El estudio consideró 9 corrientes en el lago Sapanca en los cuales se colectaron datos entre 1987 y 2007, fundamentalmente con parámetros que provocan directamente la eutrofización como fósforo total, oxígeno disuelto, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, etc.

Hongwei *et al.* (2012) evaluaron la calidad del agua de la región de Bashang (China) del periodo 2006 a 2009, y calcularon el índice de calidad del agua considerando los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (OD), COD_{Mn} , TP, N-NH_3 , As, Hg, Cr^{6+} , Ar-OH. Los resultados de los índices generales de calidad de todos los años indican que el agua satisface los requerimientos para suministrar agua potable en dicha zona.

En otro estudio evaluaron la calidad del agua superficial del Río Eltrix en China para uso agrícola, a través de un software de análisis estadístico llamado factor análisis y el cálculo del índice de calidad con seis parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), DBO_5 , N-NO_2 , oxígeno disuelto OD, cromo hexavalente Cr^{+6} , y grado de proteína hidrolizada HD en seis estaciones de monitorio ambiental. Los resultados fueron comparados con los estándares de calidad ambiental del agua superficial (GB33838-2002), e indicaron una ligera contaminación en la mayoría de las estaciones de monitoreo (He *et al.*, 2012).

En Brasil determinaron la calidad del agua de dos ríos. Realizaron 14 determinaciones: CF, pH, DBO, N total, P total, Temperatura, turbiedad, ST, OD, etc., posteriormente se realizó una comparación de tres ICAs: ICA_{NFS} , ICA_{moc} (usando el concepto mínimo operador), y ICA_{min} . Durante 2 años se estudio el comportamiento de los ríos, se muestreo en 17 puntos y se demostró que con el índice (ICA_{min}) se puede inferir la degradación de la calidad del agua, a diferencia de los otros índices; también recomiendan aplicarlo para el uso del agua en actividades acuícolas (Dos Santos *et al.*, 2008).

Ball (1980) propone clasificar los ICAs respecto a su uso dentro de cuatro grupos:

Grupo I. Comprende los indicadores en la fuente e indicadores en un punto diferente a la fuente.

Grupo II. Mide la capacidad del estrés y considera los indicadores de medidas simples, los indicadores basados en criterios o estándares, los índices multiparamétros y los índices multiparamétros empíricos.

Grupo III. Comprende únicamente los indicadores para lagos, específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.

Grupo IV. Considera indicadores de vida acuática, indicadores del uso del agua y los indicadores basados en la percepción.

3.2.5. Efectos negativos de la calidad del agua en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana

Si bien se ha llegado a aplicar agua muy salina en los cultivos, las cosechas obtenidas no han sido satisfactorias en la mayoría de las veces. Se han aplicado aguas de mayor CE, pero no se han obtenido cosechas satisfactorias, excepto en raras ocasiones (Richards, 1973).

Un problema de salinidad ocurre cuando las sales contenidas en el agua de riego se acumulan en la zona de raíz del cultivo, afectando el rendimiento de los cultivos. Respecto a los problemas de toxicidad en el cultivo, éstos se dan por la absorción y acumulación de ciertos componentes del agua de riego presentándose aún con niveles bajos de salinidad. Los componentes tóxicos relacionados son: sodio, cloro o boro. Éstos pueden reducir los rendimientos y causar la caída de los cultivos; aunque no todos son igualmente sensibles, los problemas de toxicidad de sodio y cloro pueden ocurrir si las concentraciones son altas.

Para el caso de otros elementos como el nitrógeno, el agua de riego con niveles excesivos y para determinados cultivos, en este caso presentarán un mayor crecimiento vegetativo que provocará un retraso en la maduración y baja calidad del producto (Ayers y Wescott, 1987).

Asimismo otros elementos como los metales pesados en los cuerpos de agua no son degradables, se y tienen la posibilidad de incorporarse a la cadena trófica (Wang *et al.*, 2005, Vardanyan *et al.*, 2006). Muchos estudios atribuyen que los metales pesados tienen efectos adversos en la salud humana, como la presencia de diferentes tipos de cáncer. Igualmente el daño originado a los ecosistemas (Diawara *et al.*, 2006; Vardanyan *et al.*, 2006; Peijnenburg *et al.*, 2003).

3.3. CALIDAD DEL SUELO

A lo largo de los años muchos autores han dado diferentes definiciones de calidad del suelo (Schroevers, 1982; SSS4, 1987; Power y Myers, 1989; Larson y Pierce, 1991; Parr *et al.*, 1992; Arshad y Coen, 1992; Pierce y Larson, 1993; Doran y Parkin, 1994; Gregorích *et al.*, 1994; Acton y Gregorích, 1995; y Doran y Safley, 1997). Sin embargo, la definición más aceptada es la presentada por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA). Ésta la define calidad del suelo como: la capacidad de un suelo específico para funcionar, dentro de los límites de los ecosistemas naturales o manejados, para sostener productividad de plantas y animales y mantener o mejorar la calidad del agua y aire, y apoyar la salud humana y hábitat (Karlen *et al.*, 1997).

La alteración de la calidad del suelo o daño al suelo es definido como un cambio en las propiedades de éste, el cual puede perjudicar uno o más funciones del suelo. Los daños puede ser el resultado de elevadas concentraciones de sustancias peligrosas como los metales pesados. Los criterios de calidad del suelo pretenden prevenir tales daños denominados valores de deterioro (BodSchG, 1991).

Una evaluación global de la calidad del suelo agrícola considera la condición y la capacidad de las tierras de labranza, el clima, y propiedades biológicas, con el propósito de producción, conservación, y manejo ambiental (Pieri *et al.*, 1995; Stamatiadis *et al.*, 1999). También es esencial para tomar decisiones acertadas que proveerán la producción de cultivos y el equilibrio del ambiente. La evaluación de su calidad es un imperativo para el desarrollo sustentable de la agricultura (Smith *et al.*, 1994; Wang y Gong, 1998).

3.3.1. Características fisicoquímicas del suelo y estándares nacionales e internacionales

Las características físicas del suelo como la textura, estructura y espesor del suelo, inciden en la permeabilidad al aire y al agua y en otros parámetros hidráulicos. Las características químicas como el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, los cationes intercambiables y la materia orgánica; estas características tienen incidencia sobre la fertilidad del suelo y su capacidad de fijar metales los pesados. Las características hidráulicas como la velocidad de infiltración y la permeabilidad, inciden en la rapidez con la que el agua puede ser absorbida (CRITES, 1990).

La necesidad de evaluar los criterios de calidad del suelo ha incrementado durante los últimos pocos años desde la protección del suelo, las leyes se han estado preparando y ya han entrado en vigor. Un ejemplo de ello son los estándares que establece la FAO (1984) para clasificar la calidad del suelo, otra clasificación es presentada por el USDA (1999), del mismo modo en el cuadro 3.1 se presentan otros estándares propuestos algunos autores, a través de diferentes parámetros e intervalos de calidad.

Cuadro 3.1. Estándares de calidad del suelo y parámetros propuestos.

INTERVALOS DE CALIDAD							
PARÁMETRO	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	REFERENCIA	
P Olsen (ppm)	<5	5-9.0	10.0-17	18-25	<25	FAO (1984)	
K (ppm)	<50	50-100	100-175	175-300	>300		
Mg (ppm)	<20	20-40	40-80	80-180	>180		
Ca (ppm)	<500	500-1000	1000-1600	1600-2400	>2400		
Tasa infiltración (cm/h)	0.5-1.5	1.5-5.1	5.1-15.2	15.2-50.8	>50.8		SOI-USDA(1999)
Prof. Efectiva (cm)	<30	30-70	70-120	>120	—	Dorrnsoro (2002)	
C.I.C (cmol(+)kg ⁻¹)	<10	10.0-20	20-40	>40	—		
PH	<4.5;>9.0	5.5-4.5; 8.0-9.0	6.7-5.5; 7.3-8.0	7.3-6.7	—		
C.Eléctrica (dSm ⁻¹)	>12	6.0-12	2.0-6.0	<2	—		
Caliza activa (%)	>25	15-25	7.0-15	<7	—		
C/N	>20	15-25	12.0-14	10.0-12	>10	Landcare Institute (2000)	
N total (%)	0-0.025	0.25-0.35	0.35-0.64	0.64-0.70	0.70-1	Ingelmo et al. (1994)	
C.Campo (%v/v)	—	10.0-15	20-30	35-45	—		
P.Marchitez (%v/v)	—	2.0-8.0	8.0-14	15-22	—		
Agua útil (%v/v)	—	<8	12.0-20	25-35	—		
PARÁMETRO	FUNCIÓN	Calidad Baja		Media	Calidad Alta		REFERENCIA
		LI	LMI	O	LMS	LS	
C.Orgánico (mg kg ⁻¹)	Más es mejor	5	20	—	—	65	Harris et al. (1996)
K (mg kg ⁻¹)	Óptima	45	85	175	450	525	
Porosidad (%)	Óptima	20	40	50	60	80	
pH	Óptima	3.5	5.3	6.5	7.7	9.5	
Densidad aparente (g cm ⁻³)	Menos es mejor	1.2	1.45	—	—	2.1	

Es importante conocer la calidad del suelo para un manejo equilibrado del uso del suelo (McGrath y Zhang, 2003), proveer advertencia de tendencias adversar, identificar las áreas problemas (Bindraban *et al.*, 2000), y proveer una valiosa base contra las mediciones posteriores y poder ser evaluado el futuro.

3.3.2. Índices de calidad del suelo para uso agrícola

Muchos métodos de evaluación de calidad del suelo han sido desarrollados desde que apareció el USDA con el sistema de clasificación de suelos en 1961 (Klingebiel y Montgomery, 1961), tal como los métodos de índice de calidad del suelo propuestos por Doran *et al.* (1994); Doran y Jones, (1996) y otros propuestos por diferentes autores (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Índices propuestos para evaluar la calidad de los suelos.

ÍNDICES PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO			
ÍNDICADORES	INDICADORES	FÓRMULA	REFERENCIA
Físicoquímico-biológico	pH, P, K, MO, biomasa microbiana, aparente, estabilidad de agregados, vidad eléctrica y relación adsorción	$SQindex = \left[\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \right] \times 10$	Andrews <i>et al.</i> , (2003), y Wymore, (1993).
	Nutrientes del suelo, nutrientes del nutrientes de la raíz, intercambio de actividad biológica.	$SQI = \sum_{i=1}^i [(RGxwt) + (WSxwt) + (NSxwt) + (GExwt) + (BAxwt)] \cdot WF_i$	Burger y Keltling (1999)
	Infiltración, transporte, absorción, a la degradación, y soporte de vegetal.	$IC = (q_{ve} \times 0.5) + (q_{wt} \times 0.1) + (q_{rd} \times 0.1) + (q_{spg} \times 0.05)$	Karlen y Stott (1994)
Físicoquímico-biológico	Regulación de nutrientes, de agua y de raíces.	$IC = 0.33 \sum (ind^*x)_{nutrientes} + 0.33 \sum (ind^*x)_{agua} + 0.34 \sum (ind^*x)_{raices}$	Harris <i>et al.</i> , (1996), y Hussaian <i>et al.</i> , (1999)
Físicoquímico-biológico	PM, C/N, pH _{agua} , β-glucosidasa, arena fina, densidad aparente, esmectita, C biomasa, y Cb/Co.	$IC = \frac{\sum_{i=1}^n (I \cdot N_{xc} \cdot p)_i \times 10}{\sum_{i=1}^n (c \cdot p)_i}$	González, (2006)
	pH, fósforo, potasio, materia orgánica, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico, Zn, B, Fe, Cu, Mn y nitrógeno total.	$IQI = \sum_{i=1}^n W_i N_i$	Doran and Parkin, (1994)
	pH, fósforo, potasio, materia orgánica, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico, Zn, B, Fe, Cu, Mn, y nitrógeno total.	$NQI = \sqrt{\frac{P_{ave}^2 + P_{min}^2}{2} \times \frac{n-1}{n}}$	Han and Wu, (1994); Qin and Zhao, (2000)

Actualmente los índices de calidad del suelo ICS son los más usados (Andrews *et al.*, 2002), por que son fáciles de usar y flexiblemente cuantitativos. Son relevantes en las prácticas de manejo del suelo porque se usan indicadores en sitios específicos de condiciones del suelo que integran efectos antropogénicos sobre el tiempo y sobre múltiples tipos de efectos (Wang y Gong, 1998; Arshad y Martín, 2002).

Un índice universalmente aceptado debe incluir métodos para seleccionar indicadores, marcadores, y pesos tal como un modelo universal que ayudaría en la comparación de suelos de diferentes regiones y en la comunicación científica. Los índices formulados en principios ecológicos y validados adecuadamente, permitirán comunicar mejor la complejidad de la integridad de la calidad.

Los indicadores del suelo han sido definidos como procesos y propiedades del suelo que son sensibles a cambios en las funciones del suelo (Doran y Jones, 1996); deberían ser una combinación de las propiedades químicas, físicas y biológicas

(Herrick *et al.*, 2002; Aparicio y Costa, 2007). Muchos autores han propuesto conjuntos de indicadores de calidad del suelo (Larson y Pierce, 1994; Doran y Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1998), y han evaluado la calidad del suelo basado en un conjunto de datos totales (TDS) método indicador seleccionado. Los indicadores representativos fueron propuestos por muchos autores, tal como el conjunto de datos mínimos (MDS), seleccionando de acuerdo a la correlación entre indicadores y la facilidad de medida (Andrews *et al.*, 2002; Rezaei *et al.*, 2006; Govaerts *et al.*, 2006) y el conjunto de datos Delphi (DDS) (Zhang *et al.*, 2004), seleccionado de acuerdo a la importancia de los indicadores basados en la calidad del suelo y en la opinión de expertos (Herrick *et al.*, 2002). Actualmente uno de las limitantes respecto a la evaluación de la calidad del suelo es la falta de un método aceptable universalmente para el desarrollo de índices cualitativos.

Yanbing *et al.* (2009) analizaron la calidad del suelo en la región de Zhangjiagang de China, aplicando un índice de calidad integrado (IQI) –por sus siglas en inglés-, índice de calidad nemero (NQi) en combinación de tres métodos indicadores seleccionados: conjunto total de datos (TDS), conjunto de datos mínimo (MDS) y el conjunto de datos Delphi (DDS). Consideraron 22 parámetros de suelo (profundidad de la capa cultivada, topografía, tipo de horizonte, espesor de horizonte, profundidad de horizonte, modulo de drenaje, relación de riego, textura, pH, CE, MO, NT, P, HNO₃-K, Zn, B, Si, Cu, Fe, Mn, NH₄OAc-K, NaHCO₃-P) y fueron usados con el método TDS. Se tomaron 431 muestras, de los cuales 287 fueron cambisoles y 144 fueron andosoles, fueron tomados de suelos agrícolas dentro de la región basada en la homogeneidad del espacio, tipos de suelo, y uso del suelo. Estos métodos de evaluación de calidad del suelo fueron analizados, de los cuales se determinó que tenían una calidad de suelo favorable en suelos andosoles y muy alta calidad en cambisoles. Y se concluyó que el mejor índice fue el IQI y el método MDS como los más viables.

3.3.3. Efectos de la calidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana

Cuando se tienen altos valores de sodio intercambiable en los suelos, éstos presentan disminuciones en la permeabilidad, alteraciones en el medio poroso y efectos tóxicos del Na^+ que se encuentra absorbido en las plantas sensibles a este elemento (Kovda *et al.*, 1967; Bower, 1959; Ortega, 1993). Estos problemas de salinidad o de acumulación de sodio en exceso ocasionan pérdidas en la producción agrícola, así como un deterioro acelerado en la calidad de los suelos (Aceves Navarro, 1979; De la Peña, 1980, 1996; Ayers y Wescott, 1985; Ortega, 1993).

El nivel de salinidad en el suelo depende de varios factores como: las condiciones del suelo, la efectividad del drenaje, la calidad del agua de riego, la sobre explotación del manto y las prácticas de manejo agronómico. Es el resultado de procesos naturales y/o antrópicos que puede ocurrir en todos los suelos y que conducen en menor o mayor grado a una acumulación de sales, afectando su fertilidad (Flores *et al.*, 1996).

Aunque los metales pesados son esenciales para los seres vivos, al aumentar sus concentraciones naturales o al modificarse su forma química pueden llegar a ser tóxicos tales como el Cu, Zn, Fe, y Cr; asimismo hay otros que son potencialmente tóxicos en determinadas formas químicas y concentraciones específicas como el Pb, Hg, y Cd. La mayoría de estos elementos tienen una solubilidad limitada en un medio alcalino, por lo tanto tienden a separarse principalmente a través de reacciones de oxidación formando óxidos e hidróxidos insolubles, que se depositan en los fondos a modo de diminutas partículas y capas sobre cualquier material sólido que se encuentre en el.

3.4. RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO Y LA CALIDAD DEL SUELO

En los últimos años se ha incrementado en mayor medida la salinidad en extensos territorios, atribuido a los efectos del riego, donde para garantizar el suministro de agua y atender agricultura, se ha implantado el riego, sin haber previsto la instalación de sistemas de drenaje, lo que incrementa de la salinidad de los suelos, por la ascenso de las sales que se encontraban localizadas por debajo de los 20 cm. de profundidad, aunado a las condiciones climáticas particulares que aumentan su concentración en el suelo. Igualmente las sales añadidas con el agua de riego son depositadas en el suelo cuando el agua es removida por el cultivo, éstos se acumulan y reducen la disponibilidad del agua en el suelo para el cultivo. También puede haber precipitación de carbonatos, bicarbonatos, Mg, Ca, y sulfato Ca en el momento en que el agua de riego pasa a forma parte de la solución del suelo (Doneen, 1958). Estos problemas se intensifican con el uso de fertilizantes y la calidad del agua de riego y los cambios hidrológicos provocados por la deforestación o por el cultivo intensivo.

Por otro lado la presencia de metales pesados en los cuerpos acuáticos es originada por las interacciones del agua con los sedimentos y la atmósfera con la que está en contacto, produciendo fluctuaciones en las concentraciones en el agua, consecuencia de las fuerzas hidrodinámicas naturales, biológicas y químicas (Rainbow, 1995). Mientras que en el suelo su presencia es influenciada por sus características físicas: textura, estructura y espesor del suelo, que incide en la permeabilidad al aire y al agua y en otros parámetros hidráulicos; las características químicas: pH, CE, CIC, los cationes intercambiables y la materia orgánica, que inciden en la fertilidad del suelo y su capacidad de fijar metales los pesados; y las características hidráulicas como: velocidad de infiltración y la permeabilidad, que inciden en la rapidez con la que el agua puede ser absorbida (CRITES, 1990).

Estos elementos interactúan en el suelo con los demás constituyentes de la fase sólida, sufriendo procesos de adsorción y especiación que controlan la migración de los mismos hacia los acuíferos (Huyakorn *et al.*, 1993). Si éste tiene la capacidad de aceptar y retener los metales, éste actúa como atenuador del transporte de estos contaminantes hacia el agua subterránea (Yong *et al.*, 1992). Una capacidad de adsorción baja puede constituir un problema en cuanto a la contaminación de los acuíferos, mientras que tasas muy altas de adsorción podrían provocar una excesiva acumulación de metales en el suelo.

La adsorción de un elemento presente en la disolución de suelo (adsorbato) por los constituyentes de la fase sólida del suelo (adsorbente) ocurre debido a interacciones entre la superficie activa de las partículas sólidas y el adsorbato. La cantidad adsorbida de una determinada especie depende de la composición del suelo, del elemento del que se trata y de su concentración en la disolución; y la magnitud de los daños depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de las plantas (Munns y Tester, 2008). Los iones que con mayor frecuencia ocasionan toxicidad son sodio, cloro y boro (Pescod, 1992; Verma, 1983).

3.5. LITERATURA CITADA

- Al-Awadi, E., Mukhopadhyay, A., Akber, A., Hadi, K. 2003. Distribution of selected trace constituents in the ground water of Kuwait. *Advances in environmental research*. 7:367-380.
- Ayers, R. S. and Westcot D. W. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture organization of the United Nations.
- Brown, R., McClelland, N., 1973. Water Quality Index. Application in the Kansas River Basin, 46th. Conf., Water Poll. Fed., Cleveland, Ohio.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). 2009. CONAZA contra el combate a la desertificación y el cambio climático.
- Conesa F., V. 1997. Methodological Guide for Environmental Impact Evaluation, 3rd ed. Mundi-Prensa, Madrid, Spain 412 p.
- BodSchG, B., W. 1991. Gesetz zum Schutz des Bodens, Bodenschutzgesetz. Gesetzblatt für Baden-Württemberg. 16: 433-440.
- CRITES, R.W. 1990. Características de la zona de riego. In: MUJERIEGO, R. Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada. Univ. Politécnica de Catalunya. Barcelona. pp: 69-86.
- DDR Valle de Sto. Domingo. 2000. Estadística agrícolas (1990-2000). Ciudad Constitución, B.C.S.
- Distrito de riego 066 Valle de Santo Domingo. Estadística de volúmenes extraídos y profundidades de bombeo del valle. Cd. Constitución. B.C.S.
- Dos Santos, F., Moreira, A., Bisinoti, M., Nobre, S. M., Santos, M. J. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Science Direct. Ecological Indicators*. 8:476-484.
- ESCRIG, I. MORELL. 1996. Origen y comportamiento de cd, cr, cu, pb y zn en el subsistema acuífero de la plana de Castellón. *Revista Estudios Geol.*, No. 52. pp.259-268.
- ESTELLER, M.V. 2002. Vulnerabilidad de acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en agricultura. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, n.2, p. 103-113.

- Flores, A. (1993): Salinidad un nuevo concepto. Seminario Cuba – México. La Habana, 12 pp. (mimeografiado).
- González, Q. V. 2006. Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid & Instituto de ciencias agrarias del centro de ciencias ambientales (CSIC). Madrid, España. 441 p.
- Guzmán, A., M. 1980. El agua superficial en Jalisco. Inventario de cuerpos de agua. 1: 10-15.
- He, T. Zhang, L. Zeng, Yna. Zuo, C. Li, J. 2012. Water quality comprehensive index method of Eltrix river in Xin Jiang Province using SPSS. Science Direct. Procedia Earth and Planetary Science. 5:314-321.
- Hendricks, D., W. 1984. Impactos de las represas en la calidad del agua. En: Schorr, Thomas S.; Carcavallo, Rodolfo U.; Jenkins Molieri, Jorge; Jenkins, Dale W.; ECO. Represas y sus efectos sobre la salud. pp. 129-15.
- Herrera J.C., Pulido L., Namuche R., de León B. 2001. Propuesta para la reconversión productiva y estabilización del acuífero del distrito de riego 066. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Horton, R., K. 1965. An index number system for rating water quality. J. Water Poll. Control Fed. 37: 300–305.
- Hongwei, L. Guo, Q. Dalei, Z. 2012. Water environmental quality evaluation based on visualize classification for Jian-gang reservoir of south-north water transfer project. Science direct. Procedia environmental sciences. 12:1000-1004.
- Huyakorn, P. S., Kool, J. B. y Blandford, T. N. 1993. An Overview of Modelling Techniques for Solute Transport in Groundwater. En: H. E. Allen, E. M. Perdue y D. S. Brown, D. S. (eds.), Metals in Groundwater, Lewis Publishers, USA, pp.139-169.
- INEGI. 2011. Anuario de estadísticas por entidad federativa. 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Karlen, D., L. Mausbach, M., J. Doran, J., W. Cline, R., G. Harris, R., F. Schuman, G., E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61: 4 - 10.
- Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., 1961. Land capability classification. USDA Handbook, vol. 210. United States Department of Agriculture, Washington, DC.

- Kochba, M., Ritvo, G. and Avnimelech y. 2004. The effect of municipal solid waste compost (msw) on the replacement of sodium in sodic soil models. *Soil Science*. No.169, Vol 8, pp. 567-572.
- Lawrence, A.D. and Kuruppuarachchi K. 1986. Impact of agriculture on groundwater quality in Kalpitiya. Sri Lanka. *Brit. Geol. Survey, Open File Report*, WD/OS/86.
- Lermontov, A., Yokoyama, L., Lermontov, M., Soares, M. M. 2009. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Science Direct. Ecological Indicators*. 9:1188-1197.
- Melloul, A. J., y Collin, M. 1998. A proposed index for aquifer waterquality assessment: the case of Israel's Sharon region. *Journal of Environmental Management*. 54:131-142.
- Mueller, T. G., Mijatovic, B., Sears, B. G., Pusuluri, N. and Stombaugh, T. S. 2004. Soil electrical conductivity map quality. *Soil Science*. No. 169, Vol. 12, pp. 841-851.
- Palacios, V. O. y Aceves, N. E. 1970. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. 49 p.
- Pesce, S. F., Wunderlin, D. A. 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía river. *Water Res*. 34: 2915–2926.
- Provencher, M., Lamontagne, M. P. 1977. Methode de determination d'un indice d'appréciation de la qualite' des eaux selon diferentes utilisations. *Ministere de Richesses Naturelles, Quebec*.
- Richards, L. A. (Editor). 1973. Suelos salinos y sódicos. Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. *Manual de Agricultura No. 60*. 172 p.
- Sahuquillo, A.1988. La contaminación de las aguas subterráneas. Un problema ambiental inquietante. En: *El agua, factor del desarrollo valenciano, Revista Valenciana d'Estudis Autonomics*, pp. 143- 152.
- SSA. 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud. *Diario Oficial de la Federación DOF.*, México, D.F.

- Shukla, M. K., Lal, R. and Ebinger, M. 2004. Soil quality indicators for the north Appalachian experimental watersheds in coshocton ohio. Soil science. 169(3):195-205.
- Torres P.; Cruz, C., H.; Patiño P., J. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 8: 79-94.
- Wander, M., M. Walter, G., L. Nissen, T., M. Billero, G., A. Andrews, S., S. Cavanaugh, Grant., D., A. 2002. Soil quality: science and process. Agron. J. 94: 23–32.
- Yong, R. N., Mohamed, A. M. O. y Warkentin, B. P. 1992. Principles of Contaminant transport in soils. Elsevier, Amsterdam, 327 págs.

CAPÍTULO IV

CALIDAD DE AGUA EN EL DISTRITO DE RIEGO 066, BAJA CALIFORNIA SUR

4.1. RESUMEN

La calidad del agua sólo era considerada para consumo humano; actualmente la escasez del agua ha propiciado que la evaluación de su calidad sea relevante para las distintas actividades económicas, entre las cuales la agricultura es muy importante por el volumen de agua que consume. Desde 1981 se detectaron niveles crecientes de salinidad en el agua del Distrito de Riego 066, y debido a que el acuífero es la única fuente para riego, en el presente estudio se planteó como objetivos: comparar los valores de las características químicas del agua con los límites máximos permisibles nacionales e internacionales; clasificar el agua de pozo con base en los índices de calidad del agua para uso agrícola y para consumo humano; e inferir los efectos de la calidad del agua en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana. Se muestreó el agua de 600 pozos, a la cual se le determinó pH, CE, RAS, N-NO_3^- , cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+), aniones (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- y SO_4^{2-}), metales pesados y otros elementos (Fe, Cu, Mn, Zn, Al, La, Li, Ni, Sr, Co, Pb, Cr, F, Br, Cd, B, y P). Los resultados se interpretaron con base en el Índice de Calidad del Agua (ICA) y la normatividad disponible. Los 600 pozos exceden los LMP de CE para consumo humano y los criterios de calidad para uso agrícola y 556 exceden los LMP de RAS para uso agrícola. Nueve, 44, 56, 21, 18, 62 y dos pozos exceden los LMP de Cu, Mn, Al, Cr, Ni, Pb, y Co, respectivamente, para ambos usos. Al aplicar el ICA, se encontró que el 5.5% y el 94.5% de los pozos para uso potable están levemente contaminados y contaminados, respectivamente; y para uso agrícola el 5.2% y 94.8% de los pozos tiene calidad de agua aceptable y levemente contaminada, respectivamente, por lo que puede usarse para riego agrícola sin esperar efectos negativos a los cultivos adaptados a cierto grado de salinidad, excepto frijol y maíz.

Palabras clave: *calidad, contaminación, índice, estándares, productividad.*

4.2. INTRODUCCIÓN

En décadas pasadas la calidad del agua sólo era considerada cuando se destinaba para consumo humano (Dos Santos *et al.*, 2008). El incremento de la escasez de agua y en algunos casos su efecto negativo en la calidad del suelo y en el rendimiento de los cultivos, propició que la evaluación de su calidad adquiriera importancia (Ongley, 1998).

Melloul y Collin (1998) han reportado que muchos acuíferos costeros son vulnerables a la contaminación y a excesivas extracciones. Las actividades agrícolas, domésticas y descargas industriales son algunas de las fuentes de contaminación (Manahan, 2000). En el mundo se ha documentado la contaminación con altos niveles de salinidad y metales pesados en el agua de consumo humano (Melloul y Bibas, 1990; Wollman, 1991; Appleyard, 1995; Rivers *et al.*, 1996). Los metales pesados en el agua son un problema ambiental asociado negativamente con la salud y la economía (Nriagu y Pacyna, 1988). En la agricultura los efectos nocivos de los metales pesados en el agua de riego incluyen el retraso del crecimiento del cultivo (Uveges *et al.*, 2002), cambios en la actividad de varias enzimas (Gopal y Rizvi, 2008), y disminución de la fotosíntesis (Ganesh *et al.*, 2008). La magnitud de sus efectos difieren en función de las características genéticas (Chen *et al.*, 2006; Peris *et al.*, 2007), de los cultivos.

Debido a la dificultad para determinar la calidad del agua con base en determinaciones individuales (Dos Santos *et al.*, 2008); se ha propuesto el uso de índices de calidad de aguas, entre los cuales se encuentra el Índice de Calidad del Agua (ICA por sus siglas en español o WQI por sus siglas en inglés), desarrollado en 1970 por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos, el cuál consideró 9 parámetros: CF, pH, DBO, N total, P total, temperatura, turbiedad, ST, y OD, con una escala de valoración de 0 a 100, donde éste representa condiciones de calidad de agua perfecta, mientras que el cero indica que el agua no es apta para su uso sin ningún tratamiento (Dos Santos *et al.*, 2008).

Con base en los estudios de la NSF Brown *et al.* (1973) propusieron un ICA apoyado en técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos, y la inclusión de algunos de los parámetros propuestos por León (1998).

Existen diversos estudios con diferentes índices fisicoquímicos y biológicos para evaluar la calidad del agua para diferentes aplicaciones (Bordalo y Savva-Bordalo, 2007; Giordani *et al.*, 2009; Gracia y Coimbra, 1998; Prat y Munné, 2000; Simões *et al.*, 2008).

Beamonte *et al.* (2010) un ICA consiste en integrar los valores de un conjunto de variables físicas y químicas dentro de un único valor. Provencher y Lamontagne (1977) definen un ICA para cualquier uso como la determinación de las especificaciones requeridas por dicho uso que incluye varias características físicas y químicas. El reto más grande en el desarrollo de un ICA es sintetizar esta complejidad de evaluar la calidad del agua en un sólo número.

La aplicación de un ICA está en función del uso del agua, por lo que los criterios son diferentes en cada caso (Beamonte *et al.*, 2010). Un ICA no requiere de muchos parámetros para el desarrollo y validación, sólo se necesita la concentración de un número limitado de parámetros de calidad del agua, tomando en cuenta las variables críticas para un determinado uso del agua (Lermontov *et al.*, 2009).

En el Distrito de Riego 066 (DDR 066) de Santo Domingo la Comisión Federal de Electricidad, Pemex, y La CONAGUA han reportado que la calidad del agua del acuífero es moderada y, sólo a profundidades mayores han encontrado niveles de salinidad similar a los del agua marina (Herrera *et al.*, 2001). Con base en el monitoreo del nivel de sales del acuífero, en el año 2005 se confirmó que existen aumentos en la salinidad del agua de los pozos (Jiménez, 2008).

El estudio de la calidad del agua en el DDR 066 es relevante debido a que es la principal zona agrícola en Baja California Sur con una producción valuada en \$920

millones de pesos (SIAP, 2010) y genera aproximadamente 38,256 empleos (SPyDE, 2011). Asimismo, el acuífero del Valle de Santo Domingo es la única fuente de abastecimiento de agua en la región, destinándose un 97% a la agricultura y un 3% a otros usos (VECCP, 2006), por lo anterior los objetivos de la presente investigación fueron: comparar los valores de las características químicas del agua con los estándares nacionales e internacionales; clasificar el agua de pozo con base en los índices de calidad del agua para uso agrícola y para consumo humano; e inferir los efectos de la calidad del agua en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 Ubicación del área de investigación

El DDR 066 se ubica en el municipio de Comondú, Baja California Sur y cuenta con una superficie de 72,409 ha (Figura 4.1.), de las cuales sólo se cultivan 28,650 ha (SIAP, 2010). La precipitación media anual es de 150 mm, con una evaporación mayor a 2,000 mm. La única fuente de abastecimiento de agua con el que cuenta la región es el acuífero, que tiene una superficie de aproximadamente 200,000 ha (Herrera *et al.*, 2001).

4.3.2 Procedimiento de muestreo

Se realizó el muestreo en 600 pozos de riego que abastecen 710 predios agrícolas. Existen más pozos que no se consideraron en el estudio, debido a la falta de acceso o porque estaban fuera de funcionamiento, principalmente. Se realizó la toma de dos muestras de agua por cada pozo en recipientes de polietileno, identificadas como A y B.

La muestra **A** no acidificada se utilizó para determinar pH, CE, cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio), aniones (nitratos, fosfatos, sulfatos, carbonatos,

bicarbonatos, cloruros, y boro). La muestra **B** se le agregó de 2-3 ml de ácido nítrico inmediatamente después de haber sido colectada para evitar la precipitación de metales a determinar.

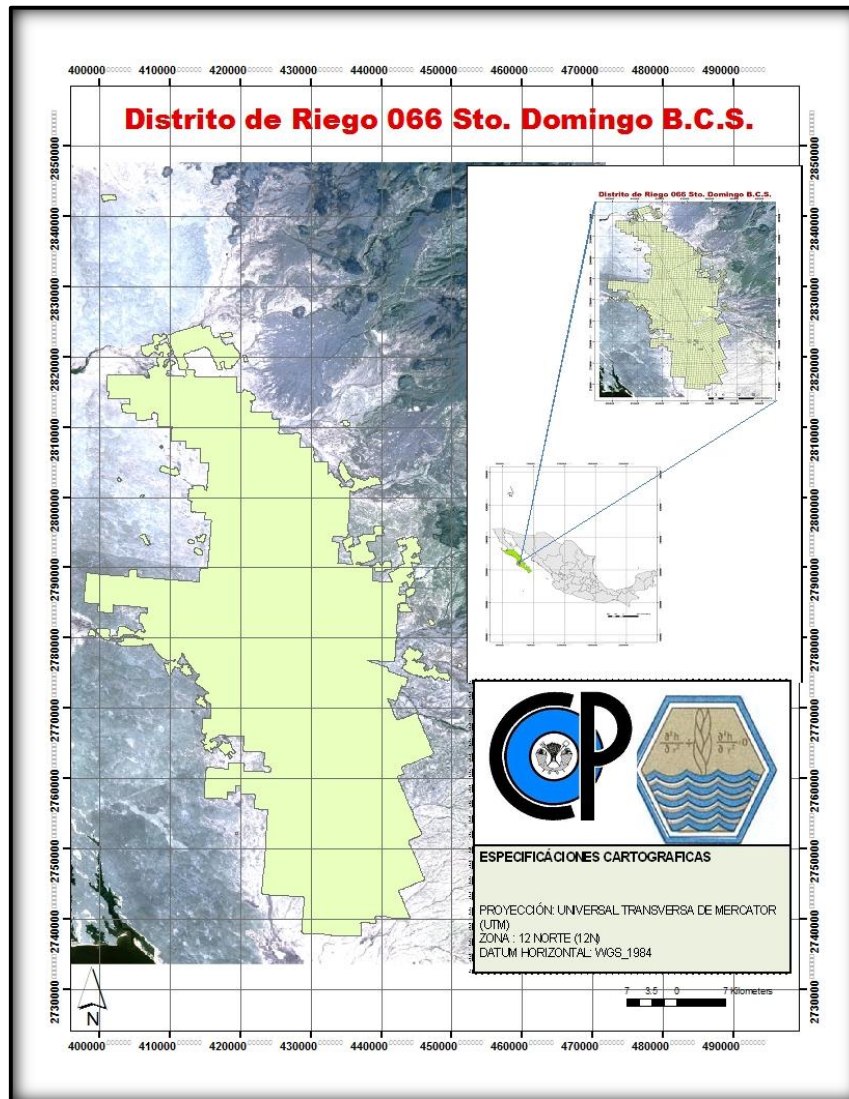


Figura 4.1. Localización del área de estudio.

4.3.3 Procedimientos analíticos

Las determinaciones químicas de las muestras de agua se indican en el siguiente cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Determinaciones químicas de las muestras de agua *

DETERMINACIÓN	PROCEDIMIENTO	EQUIPO DE ANÁLISIS
pH	Método As-02, (electrométrico)	Potenciómetro
CE	Método As-18, (electrométrico)	Conductímetro
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Método AS-19	Espectrofotómetro de absorción atómica (ICP)
Na ⁺ , K ⁺ , Li	Método AS-19	Espectrofotómetro de flama
Cl ⁻	Método As-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
CO ₃ ²⁻	Método As-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
HCO ₃ ⁻	Método As-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
SO ₄ ²⁻	Método As-20 por turbidimetría	Automated Ion Analyzer (FIA)
NO ₃ ⁻	Método AS-08 por Kjeldahl	Automated Ion Analyzer (FIA)
Al, Fe, Cd, Co, Cr, Cu, B, P, Ni, Mn, Zn, Pb, La, y Sr	Método AS-14 (DTPA)	Espectrometría óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)

* Las determinaciones antes indicadas se hicieron con base en los procedimientos descritos en el manual 60 del USDA (Richards, 1954).

4.3.4 Estándares nacionales e internacionales

Los valores de las determinaciones se compararon con los estándares: NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 2000), EPA (EPA, 2009), OMS (OMS, 2006), UE (DOCE, 1998), FAO (Ayers y Westcott, 1985), y la guía de calidad del agua de África del Sur (WAF, 1996).

4.3.5 Cálculos del índice de calidad del agua

Para determinar la calidad del agua de los pozos muestreados, se aplicó el índice de calidad propuesto por Brown *et al.* (1973), apoyado en técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos y algunos de los parámetros que

se consideraron, estuvieron basados en los propuestos por León (1998) (Ecuación 4.4.4.1).

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i^{W_i}] \dots \dots \dots Ec.4.4.4.1$$

Donde W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), ponderados entre 0 y 1 y su sumatoria igual a 1. Q_i es la concentración del parámetro i. Para el cálculo del ICA se utilizaron 6 parámetros: pH, Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Ca^{++} y Mg^{++} . El ICA califica la calidad del agua con valores de 0 y 100. Estos valores se usan para la siguiente clasificación del agua, como se muestra en el siguiente Cuadro 4.2. (Dinius, 1987):

Cuadro 4.2. Clasificación de ICA para consumo humano y uso agrícola.

ICA	Símbolo	Clasificación	Consumo Humano
90 - 100	E	Excelente	No requiere purificación para consumo.
80 - 90	A	Aceptable	Purificación menor requerida.
70 - 80	LC	Levemente Contaminada	Dudoso su consumo sin purificación.
50 - 70	C	Contaminada	Tratamiento potabilizador necesario.
40 - 50	FC	Fuertemente Contaminada	Dudosa para consumo.
0 - 40	EC	Excesivamente Contaminada	Inaceptable para consumo.
ICA	Símbolo	Clasificación	Uso Agrícola
90 - 100	E	Excelente	No requiere purificación para riego.
70 - 90	A	Aceptable	Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
50 - 70	LC	Levemente Contaminada	Utilizable en mayoría de cultivos.
30 - 50	C	Contaminada	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
20 - 30	FC	Fuertemente Contaminada	Uso solo en cultivos muy resistentes.
0 - 20	EC	Excesivamente Contaminada	Inaceptable para riego.

4.3.6 Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica

Con los valores de las determinaciones y las posiciones geográficas de los pozos muestreados se elaboró un Sistema de Información Geográfico, usando Arc Map (Hillier, 2008), como apoyo de la presente investigación para clasificar y mapear las propiedades e índices que indican la calidad del agua de los pozos.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1 Valores de las determinaciones químicas del agua

Las determinaciones químicas al agua de cada uno de los pozos y las coordenadas de éstos se encuentran en el Anexo 1. Los valores promedio de las determinaciones y de algunas medidas de variabilidad se presentan en la cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Determinaciones químicas y medidas de variabilidad.

DETERMINACIONES QUÍMICAS EN POZOS DE AGUA						
INDICADORES	UNIDADES	VALOR PROM.	VALOR MÁX.	VALOR MÍN.	VARIANZA	DESV. EST.
pH		8.1	8.78	6.4	0.1	0.31
CE	dSm-1	2	8.76	0	1.41	1.19
CO ₃ ²⁻	meqL ⁻¹	0.35	4	0	0.21	0.46
HCO ₃ ⁻	meqL ⁻¹	3.88	11.2	0	1	1
Cl ⁻	meqL ⁻¹	12.83	73.72	1.2	98.43	9.92
SO ₄ ²⁻	meqL ⁻¹	1.82	20.32	0.17	4.52	2.13
Ca ²⁺	meqL ⁻¹	5.46	36.49	0.22	24.14	4.91
Mg ²⁺	meqL ⁻¹	5.31	19.63	0.97	11.99	3.46
K ⁺	meqL ⁻¹	0.18	0.62	0.03	0.01	0.09
Na ⁺	meqL ⁻¹	8.4	45.7	0.7	29.53	5.43
RAS		3.95	13.93	0.49	3.72	1.93
N-NO ₃ ⁻	mgL ⁻¹	6.8	30.3	0	16.92	4.11
P	mgL ⁻¹	0.03	4.27	0	0.05	0.23
B	mgL ⁻¹	0.5	5	0.18	0.18	0.42
Fe	mgL ⁻¹	0.23	5.06	0	0.34	0.58
Cu	mgL ⁻¹	0.06	8.83	0	0.35	0.59
Mn	mgL ⁻¹	0.01	0.33	0	0	0.02
Zn	mgL ⁻¹	0.02	0.53	0	0	0.05
Al	mgL ⁻¹	0.19	7.47	0	0.36	0.6
La	mgL ⁻¹	0.03	0.15	0.01	0	0.02
Li	mgL ⁻¹	0.02	0.14	0.01	0	0.01
Sr	mgL ⁻¹	0.64	4.33	0.07	0.26	0.51
Cr	mgL ⁻¹	0.02	0.53	0	0	0.04
Ni	mgL ⁻¹	0	0.22	0	0	0.01
Pb	mgL ⁻¹	0.02	0.49	0	0	0.05
Co	mgL ⁻¹	0	0.08	0	0	0.01
Cd	mgL ⁻¹	0.0018	0.0031	0	0	0.0009
F	mgL ⁻¹	0.35	0.95	0.03	0.02	0.14
Br	mgL ⁻¹	0.98	5.67	0.02	0.45	0.67

4.4.2 Comparación normativa de la salinidad, metales y otros elementos químicos

A continuación se presentan y discuten los resultados encontrados para cada una de las determinaciones realizadas en las aguas de los pozos del DDR 066, al mismo tiempo se comparan las características aplicables a los estándares de la normativa nacional e internacional; en relación con los parámetros de salinidad, metales pesados y otros elementos como Li, Al, F y bromuros.

4.4.2.1 RAS y CE

La relación de adsorción de sodio RAS y la conductividad eléctrica CE son los principales indicadores de salinidad del agua; el primero se obtiene al relacionar la cantidad de sodio con la de Calcio y Magnesio (Ayers y Wescott, 1985). El RAS del agua de riego se correlaciona positivamente con el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo. La CE resulta de la cantidad de sólidos totales disueltos (STD), el contenido de sales y la presión osmótica, por lo que el agua de riego con CE alta incrementa el contenido de salinidad de los suelos. Las normas nacionales e internacionales aplicables a las determinaciones de salinidad en agua para uso potable y uso agrícola se muestran en el Cuadro 4.4.

La determinación de la salinidad (CE, RAS) permitió conocer si el agua de los pozos es o no apta para uso en la agricultura y para uso potable; ya que altas concentraciones de sales causan efecto osmótico y disminución del rendimiento en los cultivos (Mancilla, 2012) así como los efectos de toxicidad por determinados iones (Pizarro, 1985; Ayers y Wescott, 1987; Mendoza, 2009; Velázquez, 2001) y determinadas concentraciones de éstos, incluyendo algunos metales pesados.

Cuadro 4.4. Estándares de las normativas nacionales e internacionales aplicados a las determinaciones de salinidad del DDR 066.

Valores determinados en el presente estudio									
Valor	pH	CE	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	RAS	Mg ²⁺	Na ⁺	N-NO ₃ ⁻	B
		dS m ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹		meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹
Máximo	8.8	8.76	74	20	14	20	46	30.3	5
Promedio	8.1	2	13	1.8	3.9	5.3	8	6.8	0.5
Mínimo	6.4	0.51	1.2	0.2	0.5	1	1	0	0.2
	Sobrepasan los LMP para uso potable								
	Sobrepasan los LMP para uso agrícola								
	Sobrepasan los LMP para ambos usos								
Normatividad aplicable a las determinaciones de salinidad									
Norma	pH	CE	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	RAS	Mg ²⁺	Na ⁺	N-NO ₃ ⁻	B
Límites máximos permisibles (LMP) para Consumo Humano									
NOM-127-SSA1-1994	8.5	0.46	7	8.4	n/d	10	9	10	n/d
EPA	8.5	0	7	5.3	n/d	n/d	n/d	10	n/d
OMS	8	0.25	7	11	n/d	n/d	9	11.25	0.3
UE	n/d	0.25	7	5.3	n/d	n/d	9	11.25	0
Criterios de calidad para Uso Agrícola									
FAO	8.4	0.7	4	n/d	2.9	12	3	5-30*	0.7
África del Sur	8.5	n/d	2.8	5	2	n/d	3	5-30*	0.1
*Valores mayores afectan cultivos susceptibles a N-NO₃⁻									

En el Cuadro 4.5 se muestran los parámetros incluidos en la determinación de la salinidad, el número de pozos que exceden los LMP y los que no lo exceden en cada parámetro. Se observó que las concentraciones de B y los valores de CE rebasan los LMP de la legislación nacional e internacional (presentados en el Cuadro 4.4.) en los 600 pozos muestreados.

El agua de todos los pozos del DDR 066 tiene concentraciones superiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) en uno o más parámetros de salinidad de acuerdo a la normatividad antes referida.

Cuadro 4.5. Pozos que exceden y no LMP de la normatividad nacional e internacional.

POZOS QUE SOBREPASAN Y LOS QUE NO SOBREPASAN LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL		
Parámetro	Número de pozos que exceden los LMP	Número de pozos que NO exceden los LMP
pH	70	530
CE	600	0
Cl ⁻	578	22
SO ₄ ²⁻	38	562
RAS	556	44
Mg ²⁺	63	537
Na ⁺	581	19
N-NO ₃ ⁻¹	377	223
B	600	0

En Figura. 4.2 se presenta la distribución cuantitativa de los pozos cuyas aguas cumplen o no con las normas para salinidad consideradas en el presente estudio. La identificación de cada uno de los pozos que excede y no los LMP se pueden ver en el Anexo 2.

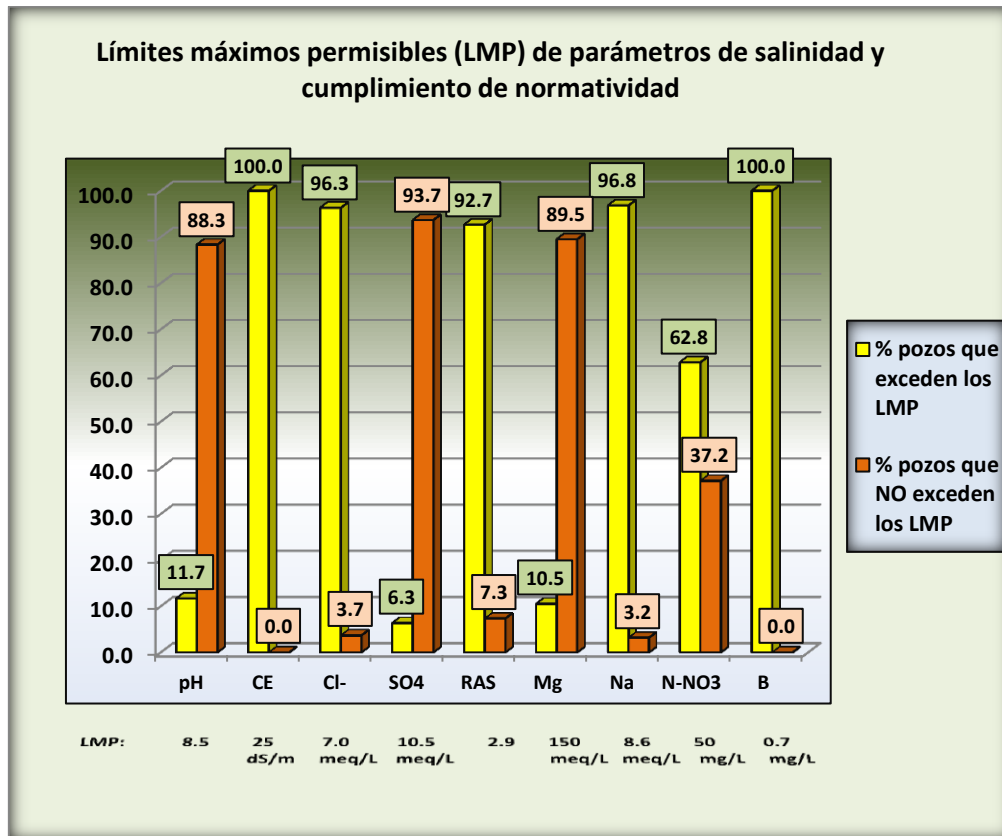


Figura 4.2. Parámetros de salinidad y cumplimiento de la normatividad en pozos del DDR 066.

Las aguas analizadas de todos los pozos en el presente estudio exceden los LMP de CE y RAS para su uso potable y uso agrícola, conforme a la norma de la FAO y la guía de calidad de agua de África del Sur. Los niveles altos de salinidad se detectaron principalmente en las áreas cercanas a las costas del norte y del sur del distrito de riego (Figura 4.3.). Esto confirma que el DDR 066 se encuentra en uno de los 17 acuíferos del país con problemas de salinidad (Jiménez, 2008), lo cual se puede deber a intrusiones salinas por sobreexplotación de los pozos (Troyo *et al.*, 2008).

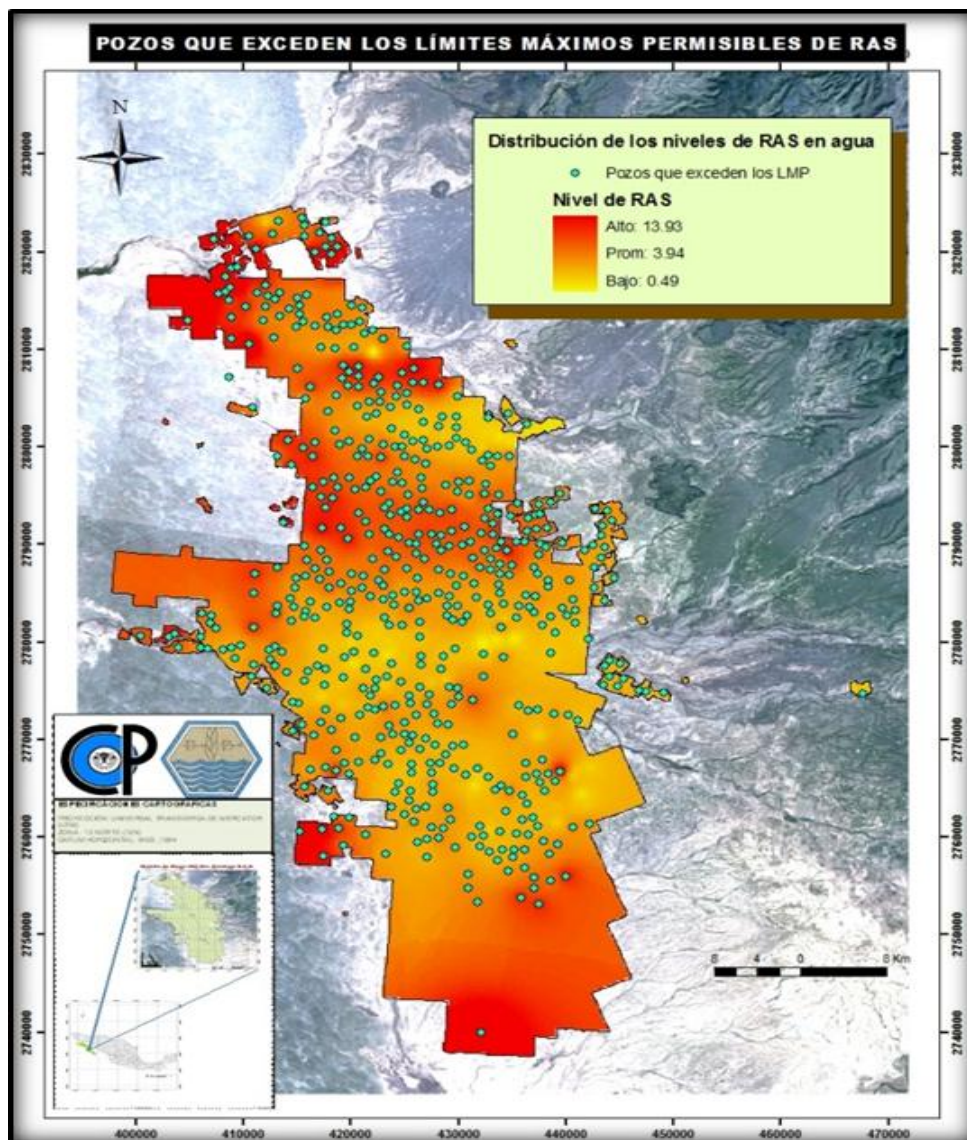


Figura 4.3. Distribución de concentraciones de RAS y ubicación de los pozos que exceden los LMP.

Debido a que en general se observan altos niveles de salinidad en los pozos del DDR 066, localizados en la parte del norte y sur del distrito, existe el riesgo potencial de incrementar los niveles de sales en el agua de los 44 pozos que sí cumplen la normatividad (Figura 4.4.), aunado a que desde hace años otro estudio reportó valores promedio de CE 1.85 dS m^{-1} que estuvieron por arriba de los estándares permisibles 0.7 dS m^{-1} (Cardona *et al.*, 2000). Lo antes señalado confirma que los valores promedio de CE han incrementado de 1.85 dS m^{-1} en el año 2000, a 2.0 dS m^{-1} actualmente.

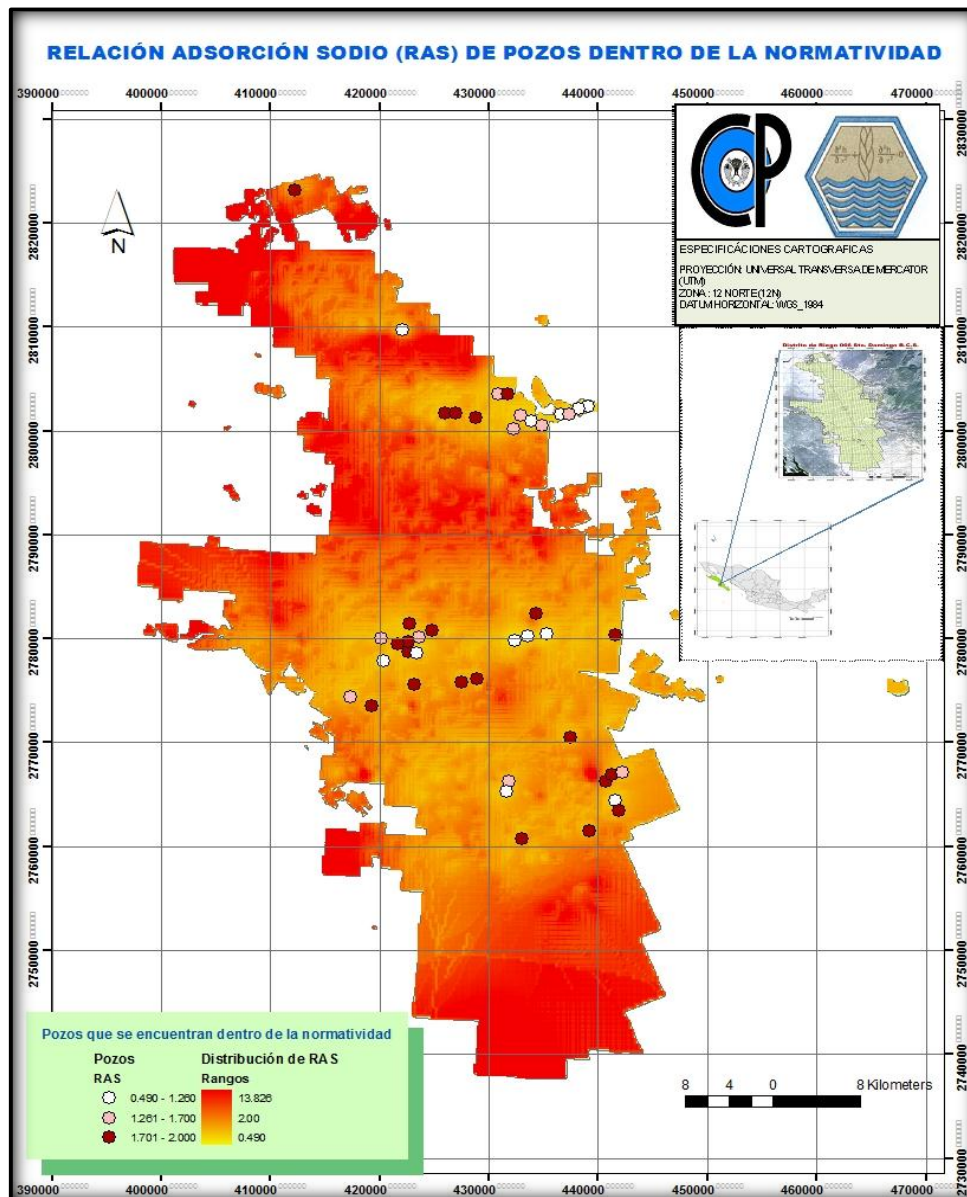


Figura 4.4. Distribución de RAS y ubicación de pozos que no exceden los LMP de salinidad.

Los cultivos de cártamo, sorgo, trigo y maíz son tolerantes a niveles de CE de hasta 6.4, 4.5, 4.0, y 1.1, respectivamente, pero en el presente estudio se detectaron valores de CE de hasta 8.76 dS m^{-1} , (Anexo 3.) por lo que el uso de dicha agua para irrigación puede ser una limitante para lograr el rendimiento potencial de dichos cultivos, entre los cuales el frijol es más vulnerable, ya que producirá un 50% de su potencial, puesto que su límite crítico de CE es de 0.7 dS m^{-1} .

La calidad del agua de los pozos no sólo afecta la producción de cultivos, también pueden representar un riesgo para las personas que la consuman. Las aguas de los pozos del Distrito no son potables con base en las normas de la OMS y de la Unión Europea, y la NOM-127-SSA1-1994, que establecen un LMP para CE de 0.25 dS m^{-1} y 0.46 dS m^{-1} , respectivamente.

Si bien se ha aplicada agua muy salina en los cultivos, las cosechas obtenidas no han sido satisfactorias (Richards, 1973). Desde hace más de una década se reconocía que más del 30% de los 706 pozos existentes en ese entonces, presentaba una salinidad mayor a 1500 mg L^{-1} , lo que estaba ocasionando la disminución del rendimiento de los cultivos (Cardona *et al.*, 2000).

Es importante señalar que el agua de los 600 pozos no cumple con los LMP para uso agrícola y consumo humano en los siguientes parámetros de salinidad: pH, CE, Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ , N-NO_3^- y B, que establecen la NOM-127-SSA1-1994, OMS, EPA, UE, FAO y la Guía de calidad del agua para el sur de África.

4.4.2.2. Elementos que contribuyen a la salinidad

Si bien es cierto la CE y el RAS son indicadores prácticos y confiables de la salinidad, es importante considerar también de forma particular los elementos que son responsables de la salinidad.

Altas concentraciones de Na en la irrigación afectan la permeabilidad del suelo y causan problemas de infiltración; también desplaza el Ca y Mg disminuyendo su disponibilidad. En el DDR 066 se encontró en promedio 8.4 meq L^{-1} de Na, superando el LMP para uso agrícola (3.0 meq L^{-1}) en algunos pozos de las zonas costeras del norte del distrito (Anexo 4). De acuerdo a lo anterior los cultivos como maíz, frijol y naranja podrían disminuir su rendimiento y calidad, pues son sensibles a altos niveles de Na; mientras que otros como trigo y sorgo son semitolerantes (Ayers y Westcott, 1976). Su toxicidad puede ser modificada y reducida si hay concentraciones de Ca moderadas y puede prevenirla si son altas, por ello el RAS, al considerar la relación entre el Na, Ca y Mg es un indicador práctico de la salinidad del agua.

Su umbral gustativo para consumo humano es de aproximadamente 8.6 meq/L y depende del anión asociado y de la temperatura de la solución (OMS, 2006). No se cuenta con un valor de referencia basado en los efectos a la salud; sin embargo, para el caso del DDR 066 no se prevé ningún efecto negativo, ya que el promedio de 8.4 meq L^{-1} de Na^+ es menor al LMP.

La actividad del ion hidrógeno (pH) en las 600 muestras de agua varía entre 6.41 y 8.78. El agua de los pozos de la parte centro y norte del distrito tiene los valores de pH más altos del distrito (8.32 a 8.78), cercano o superiores al LMP (pH 8.5 u 8.4, según la normatividad, Cuadro 4.3) tanto para el uso potable como uso agrícola. A niveles altos de pH del agua (< 6.4 y > 8.0) el rendimiento y la calidad de los cultivos disminuirán, debido a que la disponibilidad de nutrientes como Fe, Mn, P, y Ca también se reducirá; consecuentemente el pH del suelo también podría ser alterado a largo plazo (Ayers y Wescott, 1985). Los cultivos del distrito (trigo, maíz, alfalfa, sorgo, esparrago y naranja) necesita ser irrigados con agua de pH de 6.5, 6.5, 7.15, 6.5, 6.9, y 6.75, respectivamente; por lo que si son irrigados con agua de los 70 pozos que exceden el LMP sus rendimiento se verán afectados negativamente. El mapa que muestra la ubicación de los pozos y los valores de pH de sus aguas se presenta en el Anexo 5

Respecto al agua para consumo humano la NOM-127-SSA1-1994 y la EPA consideran que es adecuado un pH entre 6.5 y 8.5; mientras que la OMS señala como adecuado un pH entre 6.5 y 8.0. Con base en dichas normas para pH el agua de los pozos del DDR 066 no es potable.

En relación con las cantidades de cloruros Cl^- presentes en el agua de los pozos, se encontró que la mayoría de estos (578) rebasan los LMP que establecen la NOM-127-SSA1-1994, OMS, FAO, EPA, UE y la guía de calidad del agua para uso agrícola del Sur de África. La concentración promedio de Cl^- es de 13 meq L^{-1} y se encontraron niveles de hasta 73.72 meq L^{-1} , mientras que los rangos normales son de 4 meq L^{-1} y 7 meq L^{-1} para actividades agrícolas y uso potable respectivamente (Anexo 6). Ayers y Westcott (1985) señalan que niveles mayores de 10 meq L^{-1} de cloruros provocan severos problemas en los cultivos como la quema de las hojas o el secado de los tejidos en la punta extrema de la hoja y finalmente la caída de la defoliación. El agua de 311 pozos del distrito rebasan los LMP de Cl^- con concentraciones $\geq 10 \text{ meq L}^{-1}$, por lo tanto en zonas irrigadas con estas concentraciones se pueden presentar estos efectos negativos.

Considerando que en el distrito los principales cultivos son maíz y alfalfa, se puede inferir que éstos no tendrán un rendimiento óptimo, ya que son levemente susceptibles y moderadamente tolerantes a altas concentraciones de Cl^- cada uno.

Por otro lado la NOM-127-SSA1-1994, y los estándares internacionales (OMS, la EPA y la UE) establecen un límite máximo permisible de 7 meq L^{-1} de Cl^- en agua para uso y consumo humano. En los efectos en la salud, no hay un valor de referencia que cause efectos adversos, sólo se sabe que en el agua niveles mayores 7 meq L^{-1} de cloro ya son detectados por el sabor que presenta dicha agua (OMS, 2006).

Cuando se riega con aguas que tienen altos niveles de magnesio la productividad de los cultivos es menor, posiblemente por la deficiencia de calcio inducida por un

exceso de magnesio intercambiable en el suelo. La presencia de magnesio en las aguas salinas es elevada, ya que procede de los carbonatos magnésicos existentes en el suelo. También se conoce que un exceso de magnesio puede producir carencia de potasio. En el distrito se encontró un promedio de 5.3 meq L^{-1} de Mg. Sin embargo, algunos pozos no cumplen con los LMP para uso y consumo humano (10 meq L^{-1} Mg) y uso agrícola (12 meq L^{-1}) pues tienen valores de hasta 20 meq L^{-1} . En el DDR 066 el agua de 63 pozos exceden los LMP de concentraciones de Mg, ubicados principalmente en zonas costeras (Anexo 7).

Los cultivos de maíz y trigo son sembrados en el distrito, su rendimiento se verá reducido cuando la proporción de Ca/Mg sea menor a uno. Esto lo confirman resultados experimentales donde también se incluyeron otros cultivos como cebada y remolacha azucarera (Ayers y Westcott, 1985).

El ión sulfato, a pesar de que contiene azufre que es un elemento esencial para los cultivos, cuando se encuentra en altas concentraciones contribuye a la salinidad de las aguas y después de los cloruros son los aniones más peligrosos en el agua de riego. Su efecto negativo se manifiesta como quemaduras en los bordes de las hojas; también limitan la adsorción del calcio y facilitan la del sodio. Para uso agrícola la guía de calidad de agua del sur de África limita a 5.0 meq L^{-1} de sulfatos.

En agua potable los sulfatos en alta concentración pueden afectar el sabor y actuar como laxantes (OMS, 2006). La NOM-127-SSA1-1994 señala que las concentraciones de sulfatos en agua potable no deben exceder 8.4 meq L^{-1} , la EPA y la UE restringen el LMP a 5.25 meq L^{-1} , y la OMS establece un LMP de 10.5 meq L^{-1} .

Por lo tanto los resultados indican que 562 pozos tienen agua que no cumple con la normatividad para uso agrícola y para consumo humano. Los niveles encontrados varían de 0.17 hasta 20.32 meq L^{-1} , ubicados principalmente en el norte del distrito (Anexo 8).

El boro es un nutriente esencial para las plantas, pero al mismo tiempo es muy tóxico para crecimiento de las mismas aún en concentraciones muy bajas. Los problemas de toxicidad son atribuidos con frecuencia a concentraciones de boro en el agua, que del boro del suelo. Los síntomas de toxicidad aparecen en las hojas como manchas amarillas o secas en los bordes y ápices de las hojas. La FAO (1976) establece que un rango menor a 0.7 mg L^{-1} en agua de riego no causa problemas en los cultivos; mientras que concentraciones entre 0.75 y 3.0 mg L^{-1} incrementan problemas en el suelo y en el cultivo; y niveles por arriba de 3.0 mg L^{-1} causan severos problemas.

En humanos no se han comprobado efectos negativos en la salud (OMS, 2006). Por seguridad la OMS considera como LMP 0.3 mg L^{-1} de B en agua potable, mientras que la Unión Europea lo restringe a cero (0.001 mg L^{-1}).

En el presente estudio, todos los pozos exceden los LMP de boro para uso agrícola y consumo humano. Se encontró un valor promedio de 0.5 y un máximo de 5.0 mg L^{-1} de B (Anexo 9). Es importante mencionar que en el distrito hay cultivos como frijol, trigo y naranja que son sensibles en cantidades muy pequeñas (0.7 mg L^{-1}), otros como el maíz son semitolerantes a concentraciones de 2.0 mg L^{-1} de boro; esto quiere decir que los rendimientos disminuirán en donde se aplique agua con altas concentraciones de boro.

En relación con los niveles de nitratos, los resultados demuestran que 63% de los pozos sobrepasan los LMP establecidos por los estándares nacionales e internacionales para uso agrícola y consumo humano. En el distrito el agua de los pozos tiene cantidades promedio de 6.8 y un máximo de 30 mg L^{-1} de nitrógeno como nitratos; valores que se encuentran dentro de los LMP ($5-30 \text{ mg L}^{-1}$) para uso en el riego de cultivos susceptibles de acuerdo a los estándares de la FAO y la guía de calidad de agua del Sur de África.

Si bien altas concentraciones de nitrógeno en el agua de riego pueden beneficiar los cultivos y representar un gran ahorro, en los cultivos susceptibles pueden causar

mayor crecimiento vegetativo que provocará un retraso en la maduración y como consecuencia una baja calidad en la cosecha (Ayers y Wescott, 1985).

Para consumo humano la NOM-127-SSA1-1994 y la Unión Europea establecen un LMP de nitrógeno en forma nitratos de 10 mg L^{-1} , lo cual indica que también se exceden los LMP pues se encontraron valores de hasta 30.3 mg L^{-1} . Altos niveles de nitrógeno pueden provocar toxicidad aguda en seres humanos principalmente en infantes (metahemoglobinemia) (Sasson et al., 1993 y Bryson *et al.*, 1989); por lo tanto niveles mayores a los establecidos no se consideran aptos para el consumo humano (Anexo 10).

Otros elementos que la mayoría de los estándares nacionales e internacionales no los consideran para evaluar la calidad del agua son el Ca, K, P, CO_3^{2-} , y HCO_3^- . En general la combinación de éstos efecta la alcalinidad al agua.

Los bicarbonatos (HCO_3^-) varían entre 0.82 y 5.74 meq L^{-1} y los carbonatos (CO_3^{2-}) varía entre 0 y 1.65 meq L^{-1} en aguas dulces. El ion carbonato está en concentraciones mucho menores que el ion bicarbonato y si el $\text{pH} < 8.3$ se considera que no hay bicarbonato.

De acuerdo a Ayers y Wescott (1976) niveles de bicarbonatos entre 1.5 y 8.5 meq L^{-1} afectan negativamente el rendimiento de los cultivos. Con base en esto en el distrito los cultivos podrían disminuir su rendimiento, ya que el agua de los pozos tiene un promedio de 3.88 meq L^{-1} de bicarbonatos. Altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos provocan la precipitación de Ca y Mg; también aumentan el pH del suelo, lo que disminuye la disponibilidad de los nutrientes para la planta.

De acuerdo con la OMS (2006) no se han presentado problemas de toxicidad en humanos por altos niveles de CO_3^{2-} y HCO_3^- .

En el presente estudio se encontró un promedio de 5.46 meqL^{-1} de Ca, y un número reducido de pozos cuyas aguas exceden los 10 meq L^{-1} Ca (LMP de la Ley de aguas de Venezuela). Estas concentraciones podrían causar deficiencias de Fe, Mn, Cu, B y Zn en cultivos de hortalizas y legumbres.

Respecto a K y P, en el distrito se detectaron promedios de 0.18 meqL^{-1} y 0.03 mgL^{-1} , respectivamente. En virtud de que dichos elementos son esenciales para los cultivos, no representan problema alguno para lograr buenos rendimientos, bajo el supuesto de que están bien fertilizados.

La concentración de P que se considera de riesgo para la eutrofización ($> 0.09 \text{ mg L}^{-1}$) sólo es rebasada por 10 pozos.

Altos niveles de fósforo ($> 0.09 \text{ mg L}^{-1}$) en las aguas provocan aumentos en la biomasa del fitoplancton, cambios en el fitoplancton en floración que forman las especies que pueden ser tóxicas o no comestibles, aumento de la biomasa de algas, cambios en la composición de las especies de macrófitos y la biomasa, disminución de la transparencia del agua, cambio en el sabor, olor y problemas de tratamiento de agua, agotamiento del oxígeno, y aumento en la incidencia de la mortandad de peces (WAF, 1996).

4.4.2.3 Metales pesados y otros elementos químicos

En el Cuadro 4.6 se presentan las normativas nacionales e internacionales, asimismo los estándares aplicables a las determinaciones de metales pesados y otros elementos en agua para uso potable y uso agrícola.

Cuadro 4.6. Estándares de las normas aplicables a las determinaciones de metales pesados y otros elementos.

Valores determinados y aplicación de la normatividad									
Determinaciones (mg L ⁻¹)	Límites máximos permisibles (LMP) para Consumo Humano				Criterios de calidad para Uso Agrícola		Valores determinados en el presente estudio		
	Normatividad						Máx	Prom	Mín
	NOM-127-SSA1-1994	EPA	OMS	UE	FAO	África del Sur			
Fe	0.3	0.3	0.3	0.3	5	5	5.06	0.23	0.001
Cu	2	1	2	2	0.2	0.2	8.83	0.06	0
Mn	0.15	0.05	0.4	0.05	0.2	0.02	0.32	0.008	0
Zn	5	5	3	n/d	2	1	0.52	0.017	0
Al	0.2	0.2	0.2	0.2	5	5	7.46	0.191	0
Li	n/d	n/d	n/d	n/d	2.5	2.5	0.13	0.022	0.007
Cr	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.52	0.016	0
Ni	n/d	n/d	0.07	0.02	0.2	0.2	0.22	0.004	0
Pb	0.01	0.015	0.01	0.01	5	0.2	0.48	0.002	0
Co	n/d	n/d	n/d	n/d	0.05	0.05	0.08	0.004	0
Cd	0.005	0.005	0.003	0.005	0.01	0.01	0.003	0.002	0
F	1.5	2	1.5	1.5	1	2	0.95	0.346	0.029
Br	n/d	0.01	0.01	0.01	n/d	n/d	5.66	0.985	0.022
Sobrepasan los LMP para consumo humano									
Sobrepasan los LMP para uso agrícola									
Sobrepasan los LMP ambos usos									

Las aguas del DDR 066 tienen concentraciones de Cu (9 pozos), Mn (44 pozos), Al (56 pozos), Cr (21 pozos), Pb (62 pozos), y Ni (18 pozos) que exceden los estándares nacionales e internacionales tanto para consumo humano como para uso agrícola. Esto coincide con otro estudio en el distrito en el cual reportaron concentraciones para Mn y Pb de 0.15 y 1 mg L⁻¹, respectivamente (Cardona *et al.*, 2004), que exceden los LMP para ambos usos.

En el presente estudio las concentraciones de F aumentaron pero no rebasan los LMP para ambos usos, y las cantidades de Li y Sr disminuyeron respecto a los datos reportados por Cardona *et al* (2000). En resumen se indica que sólo el Zn, Li, Cd y F del agua de todos los pozos se encuentran dentro de los LMP para consumo humano y uso agrícola. Respecto al Sr y La no hay estándar para determinar su aptitud para consumo humano y uso agrícola.

Si sólo consideramos la potabilidad del agua, algunos de los pozos tienen agua con niveles de Cu (4 pozos), Al (55 pozos), Cr (11 pozos), Br (600 pozos), Pb (61 pozos), Fe (127 pozos) y Mn (44 pozos) fuera de los LMP. En la zona de estudio Cardona *et al.* (2004) también identificaron niveles de Fe > 0.5 mg L⁻¹ y As de 0.1-4 mg L⁻¹, los cuales no son aptos para consumo humano.

El nivel de Br del agua de todos los pozos es mayor al LMP establecido para agua potable. En caso de necesidad de uso potable, se deben considerar métodos para disminuir los metales y otros elementos a niveles que no dañen la salud.

Si sólo consideramos la calidad del agua para riego, para algunos pozos las concentraciones de Cu (5 pozos), Mn (44 pozos), Al (1 pozo), Cr (10 pozos), Pb (1 pozo), Ni (1 pozo), y Co (2 pozos) de las aguas exceden los LMP (Cuadro. 4.7.). Para todos los pozos la concentración de Li y F se encuentra dentro de los LMP.

Para Br y Sr no hay estándares cuando el agua se destina a la agricultura; sin embargo, su utilidad radica en que su relación nos puede indicar si hay intrusión de agua salina al acuífero, como fue reportado en el apartado de salinidad al inicio de este capítulo. Cardona *et al.* (2000) al considerar 35 pozos del distrito, reportaron concentraciones promedio de 0.03, 0.28, y 0.70 mg L⁻¹ para Li, F y Sr respectivamente, valores similares a los obtenidos en la presente investigación. Es importante señalar que de los 600 pozos muestreados, ninguno cumple con los LMP para consumo humano y uso agrícola, de metales pesados y otros elementos como:

Cu, Mn, Al, Cr, Ni y Pb, que establecen: NOM-127-SSA1-1994, OMS, EPA, UE, FAO y la Guía de calidad del agua para el sur de África.

Cuadro 4.7. Clasificación de los pozos con agua que cumple o no con la normatividad para uso potable y uso agrícola.

Parámetro	Número de pozos que exceden los LMP	Número de pozos que NO exceden los LMP
Fe	127	473
Cu	9	591
Mn	44	555
Zn	0	600
Al	56	544
Li	0	600
Cr	21	579
Ni	18	582
Pb	62	538
Co	2	598
Cd	0	600
F	0	600
Br	600	0

La distribución cuantitativa de los pozos cuyas aguas que cumplen o no con las normas para metales consideradas en el presente estudio se presenta en la Figura 4.5. La identificación de los pozos, así como el número de pozos y el(los) parámetro(s) que exceden en cuanto a metales pesados, se localizan en el Anexo 11.

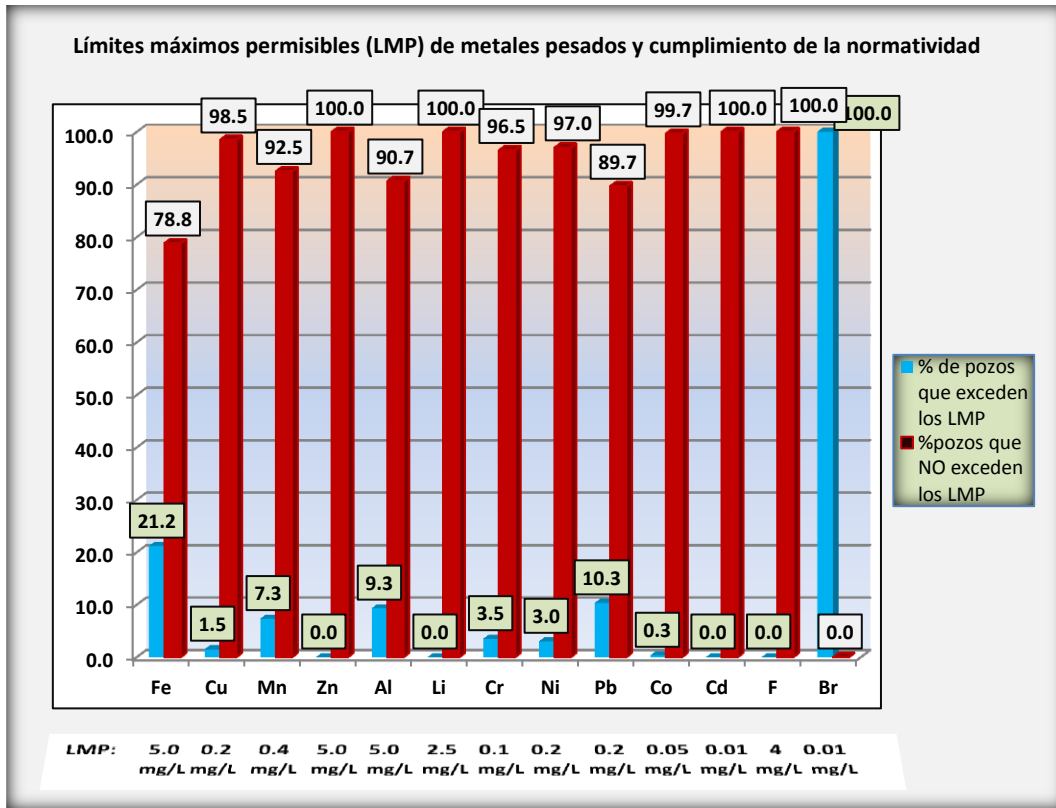


Figura 4.5. Metales pesados en aguas de los pozos del DDR066 y cumplimiento de la normatividad.

El uso de agua de los pozos para irrigar cultivos, cuando rebasan los LMP de metales pesados u otros elementos químicos pueden afectar negativamente los rendimientos con base en el Cuadro 4.8. Asimismo determinadas concentraciones en exceso o en pequeñas concentraciones tienen efectos negativos en la salud humana (Cuadro 4.9). La distribución geográfica y su relación con la normatividad para cada elemento se presentan en los Anexos: 12-24.

Cuadro 4.8. Efectos negativos en los cultivos cuando se exceden los LMP de metales pesados y otros elementos.

Metal pesado o elemento químico	Efectos negativo en el cultivo	Referencia
Fe	Alteran el crecimiento del cultivo, provocan la presencia de clorosis, y bioacumulación en los tejidos de la planta.	Ayers y Wescott, (1985)
Cu	Bioacumulación en los tejidos de cultivos sensibles a este elemento.	Ayers y Wescott, (1985)
Mn	Provocan toxicidad y deficiencia de nutrientes en los cultivos.	Aywers y Westcott, (1976)
Zn	Reducción del rendimiento del cultivo, acumulación en el suelo y en las raíces de los cultivos sensibles a éste.	Aywers y Westcott, (1976)
Al	Limitan el crecimiento de las plantas, e interfieren en la absorción, transporte y disponibilidad de elementos esenciales como Cu, Zn, Ca, Mg, Mn, K, P y Fe.	Pratt y Suárez, (1990)
Cr	Reducen el crecimiento del cultivo, y bioacumulación en los tejidos de la planta.	Aywers y Westcott, (1976)
Ni	Provocan toxicidad; absorción en el suelo y bioacumulación.	Ayers y Wescott, (1985)
Pb	Inhiben el crecimiento celular de los cultivos	Devereal y Fujii, (1990)
Co	Afectan el rendimiento del cultivo, y se bioacumulan en las raíces del cultivo provocando toxicidad.	Page y Chang, (1990)
Cd	Reducción del rendimiento del cultivo, acumulación en las raíces de los cultivos sensibles y en el suelo.	Devereal y Fujii, (1990); Page y Chang, (1990); Ayers y Wescott, (1985)
F	Reducción del rendimiento del cultivo, bioacumulación en el suelo y en las raíces de los cultivos sensibles.	Devereal y Fujii, (1990); Page y Chang, (1990); Ayers y Wescott, (1985)
Br	Provoca toxicidad en los cultivos y reduce la biodiversidad en el suelo.	Page y Chang, (1990);
Li	Reducción del rendimiento del cultivo, bioacumulación en el suelo y en las raíces de los cultivos sensibles.	Devereal y Fujii, (1990); Page y Chang, (1990); Ayers y Wescott, (1985)

Cuadro 4.9. Efectos negativos en la salud humana cuando se exceden los LMP de metales y otros elementos (OMS, 2006).

Metal pesado o elemento químico	Efectos negativo en la salud humana
Fe	El agua de consumo con un valor menor a 2 mg L ⁻¹ , afecta el sabor y su aspecto.
Cu	Produce efectos sobre el aparato digestivo, pero todavía no hay información clara en relación a los efectos a largo plazo en poblaciones sensibles.
Mn	La carencia y sobre exposición pueden causar efectos adversos. Se sabe que el manganeso produce efectos neurológicos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas.
Zn	Concentraciones > 3–5 mg/l puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir.
Al	Concentraciones > 0,1–0,2 mg/l puede ocasionar quejas por la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro.
Cr	No se han comprobados efectos negativos en la salud humana.
Ni	No hay pruebas en humanos sobre el riesgo de cáncer derivado de la exposición al níquel por vía oral.
Pb	Sustancia tóxica se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud. Interfiere en el metabolismo del calcio e inhibición de una de las enzimas principales (porfobilinógeno-sintetasa). Induce efectos neurológicos extraencefálicos y efectos conductuales.
Co	Afectan el rendimiento del cultivo, y se acumulan en las raíces del cultivo provocando toxicidad.
Cd	No hay pruebas de que sea cancerígeno por vía oral ni pruebas concluyentes de su genotoxicidad.
F	Provoca fluorosis dental, y que cuanto mayor es la concentración mayor es el riesgo de fluorosis ósea.
Br	Al valor máximo del riesgo adicional de cáncer de 10 ⁻⁵ le corresponde un valor basado en efectos sobre la salud de 2 µg. Al valor máximo del riesgo adicional de cáncer de 10 ⁻⁵ le corresponde un valor basado en efectos sobre la salud de 2 µg.
Li	No se han comprobado efectos negativos a la salud humana.

4.4.3 Índices de calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua, se aplicó el índice de calidad del agua (ICA) en cada uno de los 600 pozos que se usan para riego: Dicho índice es un indicador del grado de contaminación y también define los requerimientos necesarios de acuerdo a su uso potable, uso agrícola, uso industrial y uso en pesca y vida acuática y recreación.

4.4.3.1 Calidad del agua para uso potable

Los resultados indican que el ICA aplicado en cada pozo y tomando en cuenta que es para uso potable, se encuentran dentro de dos niveles de contaminación: levemente contaminado (LC) y contaminado (C), de los cuales 567 y 33 pozos se encuentran en estos niveles respectivamente. Para el caso de los pozos que están contaminados, se requiere un tratamiento potabilizador y para los pozos levemente contaminados se podría dudar si requiera un tratamiento de purificación para su consumo. En la Figura 4.6 se presenta la distribución de los niveles de contaminación en todo el distrito.

La mayoría de los pozos (94.5%) tienen agua que requieren un tratamiento previo a su destino para consumo humano. Sólo el 5.5% de los pozos, cuyas aguas requerirían de tratamiento de potabilización; estrictamente no hay aguas que no requieran purificación para consumo humano, puesto que el valor de ICA máximo obtenido fue 75.2, que indica una calidad inferior a la calidad que debe tener (ICA = 90 - 100) el agua potable.

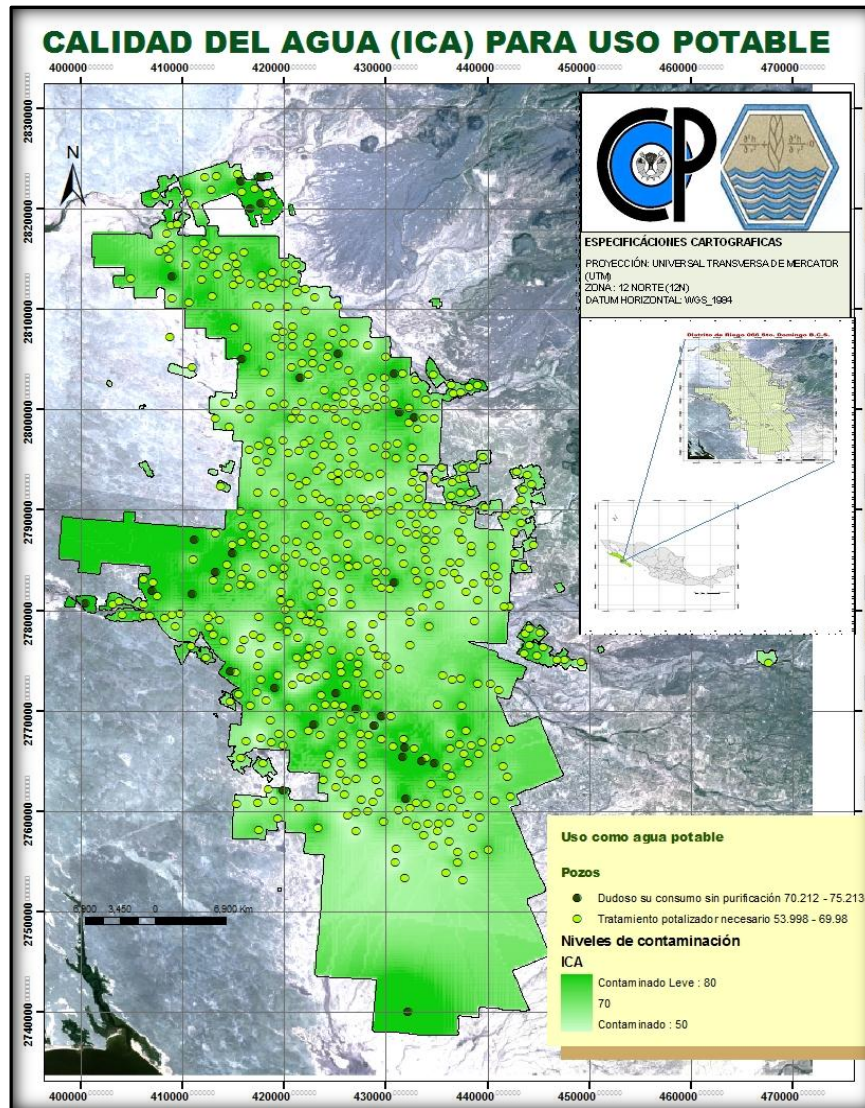


Figura 4.6. Calidad del agua para uso potable.

4.4.3.2 Calidad del agua para uso agrícola

Los valores del ICA indican que la calidad del agua para uso agrícola se encuentra en dos rangos: a) el agua de 569 pozos está levemente contaminada, y por lo tanto se puede usar en la mayoría de los cultivos como trigo, maíz, frijol y sorgo (b) el agua de 31 pozos tienen nivel aceptable, que quiere decir que en cultivos que requieran alta calidad de agua sólo se requerirá una purificación menor. La distribución de los pozos se presenta en la Figura 4.7.

4.4.3.3 Calidad del agua para uso en pesca y vida acuática

Respecto al agua para este tipo de uso se obtuvieron 3 niveles de ICA de calidad: excelente (32 pozos), aceptable (451 pozos) y levemente contaminados (117 pozos). El agua de los pozos clasificados en el primer nivel puede usarse sin ninguna restricción para pesca y vida acuática en general, el agua de los pozos del segundo nivel puede dañina para peces muy sensibles, y el agua de los pozos levemente contaminados podría poner en riesgo la salud de la vida acuática.

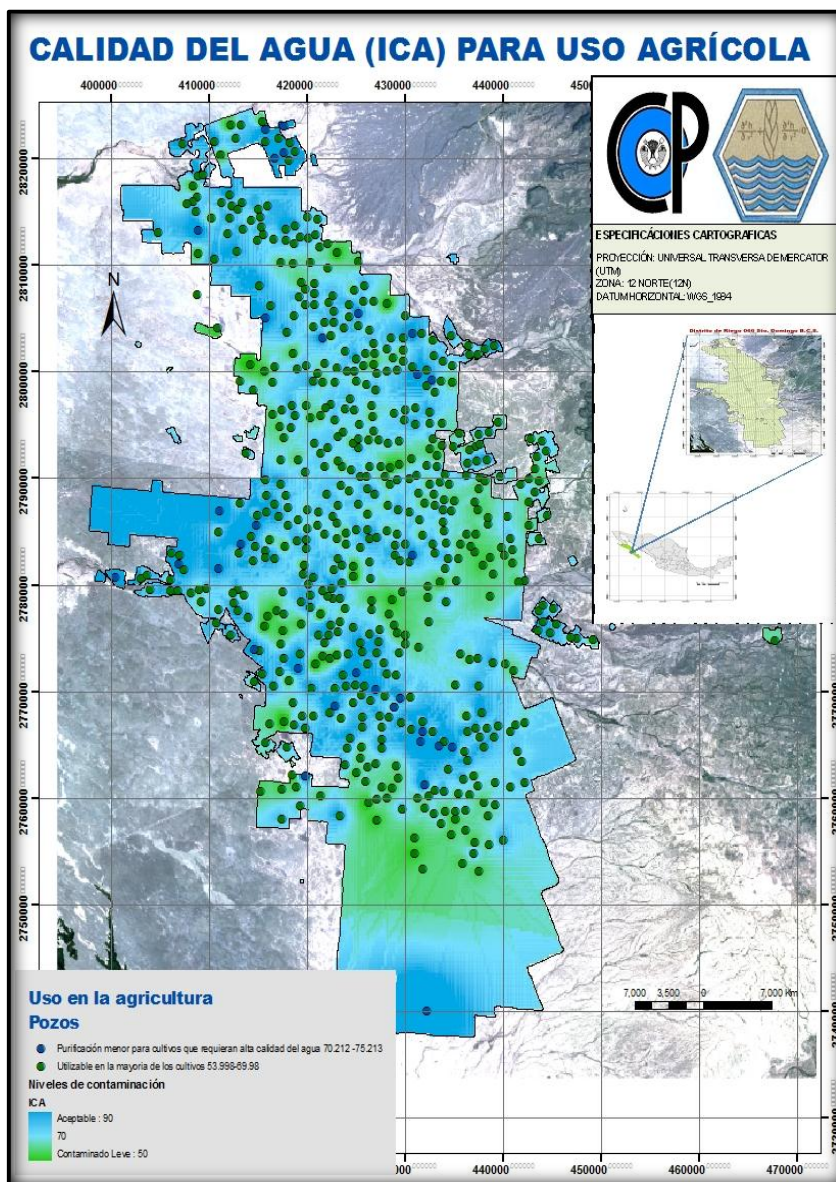


Figura 4.7. Calidad del agua para uso agrícola.

Para otros usos como el agua para uso industrial se encuentra levemente contaminada, esto quiere decir que el agua del 94.67% de los pozos se puede utilizar sin ningún tratamiento en operaciones normales; y finalmente para uso recreativo éste es aceptable (en el 94.67% de los pozos), restringiendo los deportes de inmersión, dada la posibilidad de presencia de bacterias y altas concentraciones de salinidad.

4.5 CONCLUSIONES

En términos de salinidad se observó que todos los pozos exceden los LMP para uso agrícola y consumo humano en los siguientes parámetros de salinidad: pH, CE, Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ , N-NO_3^- y B, que establecen la NOM-127-SSA1-1994, OMS, EPA, UE, FAO y la Guía de calidad del agua de Sudáfrica. En general se encontró que los pozos que excedían los límites máximos permisibles de RAS y CE se localizan en zonas cercanas a la costa.

Nueve, 44, 56, 21, 18, 62 y dos pozos tienen aguas que exceden los LMP de Cu, Mn, Al, Cr, Ni, Pb, y Co, respectivamente, establecidos para su uso potable y agrícola. De los 600 pozos totales, ninguno cumple con la normatividad, por lo menos en alguno de los parámetros que consideran la legislación nacional e internacional para su uso agrícola y consumo humano.

La mayoría de los pozos (569 de 600) tienen un ICA apta para irrigar alfalfa, trigo, esparrago, garbanzo, papa, cártamo y sorgo. La irrigación de frijol, maíz y naranja con dichas aguas podrían reducir de un 10 a un 25% su rendimiento.

El ICA para consumo humano indicó, en general, que el agua está levemente contaminada y sólo pocos pozos tienen agua contaminada, por lo que dichas aguas requieren de algún tratamiento de potabilización.

4.6 LITERATURA CITADA

- Appleyard, S. 1995. The impact of urban development on recharge and groundwater quality in coastal aquifer near Perth, Western Australia. *Hydrogeology Journal* 3:65–75.
- Atilla, A., Muhammed, E. A. 2012. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Science Direct. Ecological Indicators*. 18: 501–511.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcott. 1976. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcott. 1985. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Beamonte, E., Bermudez, J., Casino, A., Veres, E. 2005. A global stochastic index for water quality: the case of the river Turia (Spain). *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics* 10:424–439.
- Beamonte, C., Casino, E., Veres, A., F., E. 2010. *Science Direct. Ecological indicators. Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain)*.10:1049-1054.
- Bryson, D.D. y Boeckman, O.C. 1989. *Water well methemoglobinemia and water with less than 22.6 mg NO₃-N/L*. 197 th ed. Dallas, Texas, USA.
- Bordalo, A., Bordalo, S. J., 2007. The quest for safe drinking water: an example from Guinea-Bissau (West Africa). *Ecological Indicators* 41:2978–2986.
- Brown, R., McClelland, N., 1973. *Water Quality Index. Application in the Kansas River Basin*, 46th. Conf., Water Poll. Fed., Cleveland, Ohio.
- Cardona, A. Del Conde, J.P. Carrillo R., J.J. 2000. Salinización del agua subterránea en un acuífero costero de la zona árida del noroeste de México: fuentes, mecanismos y reacciones químicas. Primer congreso mundial integrado de aguas subterráneas. Fortaleza, Brasil, agosto.
- Cardona, A. Carrillo, R, JJ. Huizar, A, R. Castro, HG. 2004. Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico. *Environmetal*. 45: 350-366.

- Chen, T.B., Zheng, Y.M., Lei, M., Huang, Z.H., Wu, H.T., Chen, H., Fan, K.K., Yu, K., Wu, X., Tian, Q.Z., 2006. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere* 60:542–551.
- Devereal, S.J. and R. Fujii. 1990. Chemistry of Trace Elements in Soils and Ground Water. In: *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Tanjii K., K. (ed.). ASCE New York 1990.
- Dos Santos, F., Moreira, A., Bisinoti, M., Nobre, S. M., Santos, M. J. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Science Direct. Ecological Indicators*. 8:476-484.
- DOF Diario. 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. DOF Diario., México, D.F.
- DOUE Diario. 1998. Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua destinada a consumo humano. DOUE Diario., Luxemburgo.
- EPA, Environmental Protection Agency. 2009. National primary drinking water regulations. Standards & risk management. Drinking water contaminants. EPA 816 F-09-0004.
- Giordani, G., Zaldivar, J. M., Viaroli, P., 2009. Simple tools for assessing water quality and trophic status in transitional water ecosystems. *Ecological Indicators* 9:982–991.
- Gracia, M.A.S., Coimbra, C.N., 1998. The elaboration of indices to assess biological water quality. A case study. *Water Research* 32: 380–392.
- Herrera J.C., Pulido L., Namuche R., de León B. 2001. Propuesta para la reconversión productiva y estabilización del acuífero del distrito de riego 066. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Jiménez, B. 2008 Calidad del agua en México: Principales retos. Capítulo en *El agua Potable en México: Historia reciente, actores, procesos y propuestas*. R. Olivares y R. Sandoval Editores. Editorial Asociación Nacional de Empresas de Agua y de Saneamiento de México, A.C., México, D.F., pp. 178-191.
- León-Vizcaino LF. 1988. Índices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 7 pp.

- Lermontov, A., Yokoyama, L., Lermontov, M., Soares, M. M. 2009. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Science Direct. Ecological Indicators*. 9:1188-1197.
- Manahan, S.E., 2000. *Environmental Chemistry*, 7th ed. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Mancilla A. Oscar R. 2012. Índices de salinidad y calidad de las aguas superficiales de Tlaxcala, Puebla y Veracruz. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. 243 p.
- Melloul, A. and Bibas, M. 1990. General and regional hydrological situation in the Coastal Plain aquifer of Israel and water distribution according to quality standards (chlorides and nitrates) in 1987/88 and expected in 1992. Israel Hydrological Service report 1990/3, Jerusalem, 37 pp. (in Hebrew).
- Melloul, A. J., y Collin, M. 1998. A proposed index for aquifer waterquality assessment: the case of Israel's Sharon region. *Journal of Environmental Management*. 54:131-142.
- Mendoza, S. I. 2009. Calidad de las aguas residuales urbano-industriales que riegan el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Ongley, E., 1998. Modernization of water quality programs in developing countries: issues of relevancy and cost efficiency. *Water Quality Int. Sep/Oct*, 37–42.
- OMS Guía. 2006. Guías para la calidad del agua potable. 3ra ed. OMS Guía., Suiza.
- Page A.L. and A.C. Chang. 1990. Deficiencies and Toxicities of Trace Elements: In: *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Tangii K., K. (ed.). ASCE New York 1990.
- Pena, W., Trasar, C. C., Gil. S. F., Leirós, M.C., 2007. Modification of the degradation capacity of a soil artificially contaminated with diesel. *Chemosphere* 67: 1057–1063.
- Pizarro, F. 1985. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Segunda edición. Editorial Agrícola Española. Madrid, España.
- Pratt, P.F. and D.L. Suarez. 1990. Irrigation Water Quality Assessments. In: *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Tangii K., K. (ed.) ASCE New York 1990.

- Prat, N., Munne´ , A., 2000. Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. *Water Research* 34: 3876–3881.
- Provencher, M., Lamontagne, M. P. 1977. Methode de determination d'un indice d'appréciation de la qualite´ des eaux selon diferentes utilisations. *Ministere de Richesses Naturelles, Quebec.*
- PyDE Secretaría. 2011. Información estratégica Baja California Sur. Dirección de informática y estadística. PyDE Secretaría., BCS.
- Richards, L. A. (Editor). 1973. Suelos salinos y sódicos. Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. *Manual de Agricultura No. 60.* p. 172.
- Rivers, C. N., Barrett, M. H., Hiscock, K. M., Dennis, P. F., Feast, N. A. and Lerner, D. N. 1996. Use of nitrogen isotopes to identify nitrogen contamination of the Sherwood sandstone aquifer beneath the city of Nottingham, United Kingdom. *Hydrogeology Journal* 4:90–102.
- Sasson, A. 1993. *La alimentación del hombre del mañana.* UNESCO. Reverté S.A.
- Simoës, F.S., Moreira, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N., Yabe, M.J.S. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators* 8:476–484.
- Troyo Diéguez E. et al. 2008. Diagnostico agroambiental de Baja California Sur: estado actual y alternativas para el desarrollo agropecuario sostenible. Capítulo 13, en Cariño, M. y M. Monteforte (eds), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003.* México, D.F. SEMARNAT-INE-UABCS-CONACYT. Pp: 551-570.
- Uveges, J.L., A.L. Corbett, T.K. Mal. (2002). "Effects of Pb contamination on the growth of *Lythrumsalicaria*. *Environ". Pollut.* 120: 319-323.
- Velázquez, M., M. A. 2001. Las variaciones de los procesos de adsorción de sodio en función de los diferentes valores de la relación de adsorción de sodio en las aguas residuales de la red hidrográfica de Zumpango-Ixmiquilpan, Valle del Mezquital Hgo. Tesis de Doctorado en ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo Texcoco, México.
- VECCP Informe. 2006. Evaluación del programa de desarrollo rural BCS-SAGARPA 2005. Visión empresarial capacitación consultora y proyectos S. C. Informe., La Paz, B.C.S.

WAF Department. 1996. Agricultural use: irrigation. South African water quality guidelines. 2th ed. WAF Department., Republic of S. A.

Wollman, S. 1991. Prediction of long-term nitrate and chloride fluxes to the Coastal aquifer from irrigation with sewage. Israel Hydrological service Report.

CAPÍTULO V

CALIDAD DEL SUELO EN EL DISTRITO DE RIEGO 066, BAJA CALIFORNIA SUR

5.1. RESUMEN

La evaluación de la calidad del suelo es importante, ya que en zonas agrícolas permite identificar los efectos adversos a los cultivos, las causas de la degradación edáfica y define un manejo sustentable de dicho recurso. Se ha reconocido que los suelos de baja calidad reducen el rendimiento de los cultivos, ponen en riesgo la salud de los consumidores. En el DDR 066 el uso de agua con altos niveles de salinidad ha condicionado a sembrar cultivos más resistentes como espárrago, sorgo, y garbanzo. Es por ello que se planteó como objetivos: clasificar los valores de las características fisicoquímicas del suelo con base en las normas nacionales e internacionales; clasificar el suelo con base en los índices de calidad del suelo para uso agrícola; e Inferir los efectos de la calidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana. Se muestrearon 710 parcelas agrícolas, a las que se les determinó pH, CE, RAS, MO, N-NO₃⁻, cationes (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺), aniones (Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻ y SO₄²⁻), metales pesados y otros elementos. Los resultados se compararon con la normatividad nacional e internacional y la calidad de suelos se interpretó con base en los índices de suelo: índice de calidad de suelo (ICS) e índice de calidad integrado (IQI). La normatividad clasifica 200,518 ha como suelos normales y 3,918 ha como suelos salinos. En estos últimos los cultivos de frijol, naranja y maíz pueden disminuir sus rendimientos hasta en un 50%. La fertilidad de los suelos es baja en nitrógeno y materia orgánica, y alta en K, Ca y Mg. Las concentraciones de Cd, Pb y Ni indican que no representan riesgo para los cultivos. La aplicación de ICS indicó principalmente 157 ha tienen ICS >0.6 y <0.8. (cumplen con los requisitos mínimos para el crecimiento de la planta), mientras el IQI indica que la mayoría de los suelos tiene limitaciones muy estrictas para el crecimiento de los cultivos. Con base en el tipo de cultivos sembrados el ICS es más óptimo, pues el IQI se adapta a cualquier tipo de cultivo, lo cual restringiría más la actividad.

Palabras clave: salinidad, fertilidad, índice ICS, índice IQI, rendimiento.

5.2. INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo es importante ya que proporciona información sobre las áreas con posibles efectos adversos a los cultivos (McGrath y Zhang, 2003; Bindraban *et al.*, 2000) y provee una base para evaluaciones posteriores, lo cual permite identificar las causas de la degradación edáfica y definir un manejo sustentable de dicho recurso.

Muchos métodos de evaluación de calidad del suelo han sido propuestos desde que el servicio de conservación del suelo de los Estados Unidos desarrolló el sistema de clasificación de suelos (Klingebiel y Montgomery, 1961). La evaluación se puede hacer mediante la comparación de valores de características edáficas con normas establecidas, o bien por medio de índices de calidad.

Un índice de calidad es aquel capaz de integrar en un único número la evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos, en una suma de varios subíndices (González, 2006). Actualmente los índices de calidad del suelo son los más comúnmente (Andrews *et al.*, 2002), por que son fáciles de usar y flexiblemente cuantitativos.

El primer método para clasificar el suelo con base en un índice de calidad del suelo (ICS) fue el Sistema de Evaluación de la Productividad Agraria de la FAO, que considera diferentes factores y combinaciones multiplicativas de ellos (FAO, 1970), el cual fue usado sin modificación en dicha década (Kiniry *et al.*, 1983). Pierce y Larson (1993) lo modificaron usando relaciones edáficas. Doran y Parkin (1994) propusieron otro ICS integrando conceptos de sostenibilidad ambiental. Mientras que otros como Burger y Kelting (1999) utilizaron un ICS basado en los principios de la FAO. Olson *et al.* (1996) propusieron un modelo, basado en la capacidad de un suelo para producir maíz, incluyendo siete categorías edáficas. Sin embargo, Karlen y Scott (1994) fueron los primeros en aplicarlo y relacionarlo con la erosión hídrica del suelo. Hussaian *et al.* (1999) aplicó dicho modelo con diferentes coeficientes de

ponderación de los indicadores, diferentes límites e incluyendo otros indicadores (regulación de agua, nutrientes y raíces). Burger y Kelting (1999) consideraron el tipo, funciones e indicadores del suelo, así como su relación para un determinado fin, mediante un modelo aditivo ponderado, para determinar y validar las relaciones entre los índices de calidad del suelo y la productividad de los cultivos.

A finales del siglo pasado se reconoció que las evaluaciones de calidad del suelo son útiles para mejorar las prácticas de manejo en suelos agrícolas; gracias al desarrollado de índices para evaluar y comparar la calidad del suelo en función de su uso a lo largo del tiempo (Hussain *et al.*, 1999; Nortcliff, 2002; Sparling *et al.*, 2004). Con base en ello diversos autores han propuesto otros índices de calidad edáfica.

González (2006) apoyado en ICS propuestos por Andrews (2003) y Sharma *et al.* (2005) proponen otro índice usando indicadores normalizados por diferentes funciones y multiplicados por los diferentes coeficientes de ponderación. Yanbing *et al.*, (2009) analizó la calidad del suelo en una región agrícola de China considerando 22 parámetros, la aplicación de dos índice de calidad (NQi y IQi, por sus siglas en Ingles) y tres métodos indicadores que ponderan el impacto de las características del suelo. Estos métodos indicadores son: conjunto total de datos (TDS), conjunto de datos mínimo (MDS) y el conjunto de datos Delphi (DDS). Se concluyó que el índice IQi y el método MDS describen mejor la calidad del suelo en relación con el rendimiento de los cultivos.

Desde el año 1981 se reconoció que el Valle de Santo Domingo se encuentra en uno de los 17 acuíferos con graves problemas de salinidad; y que la producción de trigo, garbanzo y algodón se afectaba negativamente (CONAZA, 2009). De acuerdo a la FAO (2005) las altas concentraciones de salinidad reducen el rendimiento de los cultivos, por el deterioro de su calidad, que pone en riesgo la salud de los consumidores, y afectan la resiliencia del suelo, debido a la degradación de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y en algunos casos por la acumulación de metales tóxicos.

Ante esta situación la presente investigación tuvo los siguientes objetivos: comparar los valores de las características fisicoquímicas del suelo con los estándares nacionales e internacionales; clasificar el suelo con base en los índices de calidad del suelo para uso agrícola; e inferir los efectos de la calidad del suelo en el rendimiento de los cultivos y en la salud humana.

5.3. MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1. Ubicación del área de investigación

El Distrito de Riego 066 Santo Domingo se ubica en el municipio de Comondú, ubicado en el centro de Baja California Sur, y tiene 72,409 ha susceptibles de ser cultivadas (SIAP, 2010), de las cuales el 87% y 13% son propiedad privada y ejidal, respectivamente (Troyo et al., 2010). Actualmente se siembran unas 28,000 ha (CONAGUA, 2009; SIAP, 2010).

La única fuente de agua para irrigación es el acuífero, que tiene una superficie de aproximadamente 200,000 ha (Herrera *et al.*, 2001). Dentro de cuya perimetral se encuentra los pozos para riego y las parcelas cultivadas.

En ciclo otoño-invierno se siembran 15,400 ha (56%) de cultivos como cártamo, garbanzo, trigo (grano) y papa. En el ciclo primavera-verano se siembran 5,100 ha (18%), de maíz (grano), sorgo (grano), frijol, papa, jitomate, y hortalizas. Asimismo se siembran 3601.52 ha (13%) de alfalfa, 2216.32 ha (8%) de naranja y 1385.2 (5%) de esparrago (CONAGUA, 2009).

La precipitación media anual es de 150 mm, con una evaporación correspondiente de más de 2,000 mm.

5.3.2. Procedimiento de muestreo

Se realizó el muestreo en 710 parcelas agrícolas, representativas de las 72,000 ha susceptibles de ser sembradas, recolectando de la capa arable (0-30 cm) cuatro submuestras por parcela, que también se identifican como lotes, las cuales fueron colocadas y homogeneizadas en una bolsa de plástico, de donde se extrajo una muestra, la cual fue secada al aire, y posteriormente molida y tamizada (a 2mm).

5.3.3. Procedimientos analíticos

Se efectuaron análisis químicos y físicos para cada muestra de suelo, bajo los procedimientos establecidos por la NOM-021.SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002) (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Determinaciones en laboratorio de acuerdo a los procedimientos de la NOM-021-SEMARNAT-2000.

DETERMINACIÓN	ABREVIATURA	PROCEDIMIENTO	EQUIPO DE ANÁLISIS
pH	pH	Método AS-02, (electrométrico)	Potenciometro
Conductividad eléctrica	CE	Método AS-18, (electrométrico)	Conductímetro
Relación adsorción sodio	RAS	Método AS-21	Espectrofotómetro de flama
Porcentaje de sodio intercambiable	PSI	Método AS-21	Espectrofotómetro de flama
Capacidad de intercambio catiónico	CIC	Método AS-19	Centrífuga
Bases intercambiables Ca y Mg	Ca, Mg	Método AS-19	Espectrofotómetro de abs. Atómica (ICP)
Bases intercambiables Na y K	Na, K		Espectrofotómetro de flama
Cloruros	Cl ⁻	Método AS-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	Método AS-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
Carbonato de calcio equivalente	CCE	Método AS-29 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	Método AS-20 Titulación volumétrica	Equipo básico de laboratorio
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	Método AS-20 por turbidimetría	FIA (Quik Chem 8500 FIA - Automated Ion Analyzer)
Boro	B	Método AS-15 (espectrofotometría)	FIA (Quik Chem 8500 FIA - Automated Ion Analyzer)
Fósforo	P	Método AS-10 Olsen y colaboradores	FIA (Quik Chem 8500 FIA - Automated Ion Analyzer)
Textura	N/A	Método AS-09 de Bouyoucos	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	DA	Método AS-03, utilizando parafina	Densidad aparente
Materia orgánica	MO	Método AS-07 de Walkley y Black	Equipo básico de laboratorio
Capacidad de campo	CC	Método de membrana y olla de presión	Olla y membrana de presión, Compresor
Punto de marchitez	PM	Método de membrana y olla de presión	Olla y membrana de presión, Compresor
Nitratos	NO ₃	Método AS-08 por Kjeldahl	FIA (Quik Chem 8500 FIA - Automated Ion Analyzer)
Amonio	NH ₄	Método AS-08 por Kjeldahl	FIA (Quik Chem 8500 FIA - Automated Ion Analyzer)
Metales pesados y otros elementos	Al, Fe, Cd, Co, Cr, Cu, Li Ni, Mn, Zn, Pb, La, y Sr	Método AS-14 basado en un extracto DTPA	ICP-OES (Espectrometría óptica por plasma acoplado inductivamente)

5.3.4. Estándares nacionales e internacionales de calidad del suelo

Los valores de las determinaciones se compararon con los estándares establecidos por la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2003), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999) y Castellanos *et al.*, (2000).

5.3.5. Cálculo del índice de la calidad del suelo (ICS)

En el estudio se evaluó la calidad del suelo aplicando dos índices uno basado en Harris *et al.* (1996) y Hussain *et al.* (1999); y el otro propuesto por Doran y Parkin, 1994. Se eligieron por que son más integrales y se ajustaron a los objetivos de la investigación.

Harris *et al.* (1996) y Hussain *et al.* (1999) propusieron un índice de calidad del suelo (ICS) con base en la combinación de tres funciones: disponibilidad de nutrientes, disponibilidad de agua y raíces, conforme a la siguiente ecuación.

$$ICS = 0.33 * f(nutrientes) + 0.33 * f(agua) + 0.34 * f(raíces)$$

Donde:

$$f(nutrientes) = f(CO \ x + P \ x + K \ x + pH \ x + porosidad \ x)$$

$$f(agua) = f(Estabilidad de agregados \ x + CO \ x + residuo \ x + porosidad \ x)$$

$$f(raíces) = f(DA \ x + CO \ x + pH \ x + porosidad \ x)$$

Donde *x* representa los diferentes coeficientes de ponderación. Para este índice la escala de interpretación de es 0 a 1, donde 1 se considera optimo para los cultivos, 0.5 indica cumplimiento mínimo de los requisitos para cultivar y menor a 0.5 indica no apto para cultivos, que por lo general son cultivos más adaptados a determinados tipos de suelos.

Para evaluar la calidad del suelo Doran y Parkin, (1994), propusieron el índice de calidad integrado (IQI), que se calcula con base en la siguiente ecuación.

$$IQI = \sum_{i=1}^n W_i N_i \dots \dots \dots Ec.5.4.2$$

Donde:

W_i es el peso asignado

N_i es el indicador

n es el número de indicadores

En el estudio este índice se aplicó en combinación con el método TDS para asignar indicadores y pesos, calculado por estadísticas matemáticas de análisis de factor estandarizado (Sun *et al.*, 2003 y Shukla *et al.*, 2006); tal como lo aplicaron Yanbing *et al.* (2009) para evaluar la calidad de suelos agrícolas en una región de China.

El criterio de evaluación de la calidad del suelo se divide en: grado I ($IQI_{TDS} \geq 0.76$), grado II ($0.76 > IQI_{TDS} \geq 0.66$), grado III ($0.66 > IQI_{TDS} \geq 0.56$), y grado IV ($0.56 > IQI_{TDS}$). Donde grado I es sustentable para el crecimiento del cultivo, grado II es sustentable, pero con algunas limitaciones, grado III tiene más limitaciones severas que el II, y el grado IV tiene las más severas limitaciones para el crecimiento del cultivo.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1. Valores de las determinaciones fisicoquímicas de suelo

Los valores promedio y algunas medidas de variabilidad se presentan en el Cuadro. 5.2. La mayoría de las determinaciones se presentan y discuten en dos apartados (5.3 y 5.4). Las del primer apartado están en función de los estándares de la normatividad disponible sobre ellos en forma individual; y las del segundo apartado se discuten agrupadas de acuerdo a los índices descritos en el apartado de Materiales y Métodos.

Cuadro. 5.2. Determinaciones fisicoquímicas de muestras de suelo.

Determinaciones Fisicoquímicas						
INDICADORES	UNIDADES	VALOR PROM.	VALOR MÁX.	VALOR MÍN.	VARIANZA	DESV. EST.
CE	dSm ⁻¹	1.35	26.85	0.196	2.86	1.69
pH		8.34	9.12	6.37	0.06	0.24
Cl	meqL ⁻¹	8.46	270.3	0.57	275.34	16.59
Ca	meqL ⁻¹	3.32	81.23	0.07	34.13	5.84
Mg	meqL ⁻¹	2.16	27.26	0.07	6.73	2.59
K	meqL ⁻¹	0.4	3.03	0.01	0.08	0.28
P	meqL ⁻¹	0.34	44.66	0	7.28	2.7
PSI	%	5.08	35.9	0	20.96	4.58
Fe	mg Kg ⁻¹	2.86	46.2	0.02	6.7	0.59
Cu	mg Kg ⁻¹	0.76	2.3	0.14	0.1	0.31
Zn	mg Kg ⁻¹	0.42	4.8	0.01	0.26	0.51
Mn	mg Kg ⁻¹	0.69	18	0.38	12.43	3.53
Ni	mgL ⁻¹	0.09	0.34	0	0	0.04
Pb	mgL ⁻¹	0.24	0.87	0	0.02	0.12
Cd	mgL ⁻¹	0.03	0.14	0	0	0.02
DA	gcm ⁻³	1.35	1.85	1.15	0	0.07
NO ₃	mgKg ⁻¹	8.9	98.95	0.17	93.21	9.65
NH ₄	mgKg ⁻¹	4.98	108.86	0.13	31.87	5.65
MO	%	1.16	2.85	0.19	0.19	0.44
PMP	%	12.69	25	2	12.41	3.52

* El nombre completo de las abreviaturas se encuentran en el Cuadro 5.4.1.

5.4.2. Comparación normativa

A continuación se comparan y discuten los resultados encontrados con los estándares de clasificación y caracterización de suelos propuestos por la NOM-021-

SEMARNAT-2000, el USDA, y por Castellanos *et al.* (2000). Se incluyen parámetros de salinidad (CE y PSI), fertilidad de suelos (pH, MO, NO₃, NH₄, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn), y otros elementos (Pb, Ni, y Cd) (Cuadro. 5.3).

Cuadro. 5.3. Estándares aplicables a las determinaciones químicas de muestras de suelo.

Salinidad												VALORES DETERMINADOS				
NOM-021-SEMARNAT-2000												Máx.	Prom.	Min.		
CE	Efectos Despreciables	Muy Ligeramente Salino	Moderadamente Salino		Salino	Fuertemente Salino		Muy Fuertemente Salino								
	≤1.0	1.1-2.0	2.1-4.0		4.1-8.0	8.1-16.0		>16.0		26.09	1.34	0.20				
USDA												VALORES DETERMINADOS				
CE	Normal				Salino							Máx.	Prom.	Min.		
	≤4.099				≥4.1				26.09	1.34	0.20					
PSI (%)	Sódico				Salino-sódico											
	<4.099				>4.1				35.9	0	5.07					
Fertilidad												VALORES DETERMINADOS				
USDA												VALORES DETERMINADOS				
pH	Extremadamente Ácido	Fuertemente Ácido	Medianamente Ácido	Ugeramente Ácido	Neutro	Medianamente Básico	Básico	Ugeramente Alcalino	Alcalino	Fuertemente Alcalino				Máx.	Prom.	Min.
	<4.5	≥4.5-5.5	5.6-6.0	6.1-6.599	6.6-7.399	7.4-7.8	7.9-8.4	8.5-9	9.1-10	>10	54.8	8.41	6.55			
NOM-021-SEMARNAT-2000												VALORES DETERMINADOS				
pH	Fuertemente Ácido		Moderadamente Ácido		Neutro	Medianamente Alcalino			Fuertemente Alcalino				Máx.	Prom.	Min.	
	<5.099		5.1-6.599		6.6-7.399	7.4-8.599			>8.599	54.8	8.41	6.55				
Materia orgánica (MO)	Muy bajo		Bajo	Medio		Alto		Muy Alto								
	≤0.59		0.6-1.59	1.6-3.59		3.6-6.0		>6.0	2.8	1.2	0.2					
N inorg. (NO ₃ + NH ₄) (mg Kg ⁻¹)	0 - 10.09		10.1 - 20.09	20.1 - 40.09		40.1 - 60.09		>60.09	166.32	13.861	0.32					
P (mg Kg ⁻¹)	Bajo		Medio		Alto											
	<5.509		5.51-11.09		>11.09			87.1	7.85	-0.5						
K (mg Kg ⁻¹)	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto					Máx.	Prom.	Min.		
	< 78.2		78.2 - 117.3		117.3 - 234.6		> 234.6		1731	579.7	132					
Ca (mg Kg ⁻¹)	< 400		400 - 1000		1000 - 2000		> 2000		5100	2496.5	358					
Mg (mg Kg ⁻¹)	< 61		61 - 158.6		158.6 - 366		> 366		1728	794.7	219					
Clasificación												VALORES DETERMINADOS				
Micronutrientes (mg Kg ⁻¹)	Deficiente			Marginal			Adecuado						Máx.	Prom.	Min.	
	<2.5			2.5 - 4.5			>4.5			46.2	2.9	0.02				
Fe	<0.2			0.2 - 0.8			0.8 - 2.5			2.3	0.8	0.14				
Cu	<0.5			0.5 - 1.0			>1.0			4.8	0.4	0.01				
Zn	<1.0			1.0 - 18			>18			18	7.7	0.38				
Castellanos <i>et al.</i> (2000)												VALORES DETERMINADOS				
pH	Extremadamente Ácido	Ácido	Moderadamente Ácido		Neutro	Moderadamente Alcalino		Alcalino	Extremadamente Alcalino					Máx.	Prom.	Min.
	< 4.6	4.6 - 5.4	5.5 - 6.4		6.5 - 7.3	7.4 - 8.1		8.2 - 8.8	> 8.9		54.8	8.41	6.55			
Arcilla (mg Kg ⁻¹)	Muy bajo a moderadamente bajo			Medio moderado a moderadamente alto			Alto muy alto						VALORES DETERMINADOS			
	<125 y hasta 250			251 - 800			801 - 1200 o más						K			
K	< 750 y hasta 2000			2001 - 6000			6001 - 8000 o más			1731	579.7	132				
Ca	<75 y hasta 250			251 - 1000			1001 - 1600 o más						Ca			
Arena (mg Kg ⁻¹)	Muy bajo a moderadamente bajo			Medio moderado a moderadamente alto			Alto muy alto						Máx.	Prom.	Min.	
	<50 y hasta 150			151-400			401-600 o más			5100	2496.5	358				
K	<250 y hasta 1000			1001 - 2250			2251 - 3000 o más						Mg			
Ca	<25 y hasta 100			101 - 400			401 - 600 o más						Mg			
Franco (mgKg ⁻¹)	Muy bajo a moderadamente bajo			Medio moderado a moderadamente alto			Alto muy alto						Máx.	Prom.	Min.	
	<100 y hasta 200			201 - 600			601 - 1000 o más			1728	794.7	219				
K	<500 y hasta 1500			1501 - 4000			4001 - 6000 o más						Mg			
Ca	< 50 y hasta 200			201 - 800			801 - 1200 o más						Mg			
Mg	< 50 y hasta 200			201 - 800			801 - 1200 o más						Mg			
Clasificación												VALORES DETERMINADOS				
Micronutrientes (mg Kg ⁻¹)	Deficiente	Bajo	Moderadamente Bajo	Medio	Moderadamente Alto		Alto	Excesivo					Máx.	Prom.	Min.	
	< 3	3.0 - 5.0	5.0 - 8.0	9.0 - 12	13 - 25		26 - 49	> 50		46.2	2.9	0.02				
Fe	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 0.8	0.9 - 1.2	1.3 - 1.8		1.8 - 2.5	> 2.5		2.3	0.8	0.14				
Cu	< 0.3	0.3 - 0.6	0.7 - 1.2	1.3 - 2.5	2.6 - 5.0		5.1 - 8.0	> 8.1		4.8	0.4	0.01				
Zn	< 2	2.0 - 4.0	4.0 - 7.0	7.0 - 12	12.0 - 25		25 - 50	> 50		18	7.7	0.38				
Mn	Metales												VALORES DETERMINADOS			
NOM-021-SEMARNAT-2000												VALORES DETERMINADOS				
Metal (mg Kg ⁻¹)	Normal				Peligroso							Máx.	Prom.	Min.		
	0.35				3.0 - 5.0				0.14	0.03	0					
Cd	35				100 - 300				0.87	0.24	0					
Pb	50				100				0.34	0.09	0					
Ni																

5.4.2.1. Salinidad de suelos

Los principales indicadores de salinidad (CE, PSI) fueron interpretados de acuerdo a las clasificaciones de la NOM-021-SEMARNAT-2000 y del USDA. En la siguiente Figura 5.1 se presenta la distribución de la salinidad en términos de la CE, en la cual se pueden ver valores que van de 0.19 dS m⁻¹ a 26.09 dS m⁻¹. En la parte centro y norte del distrito se encuentran áreas con los niveles más altos de CE. El mapa para el PSI se presenta en el Anexo 19.

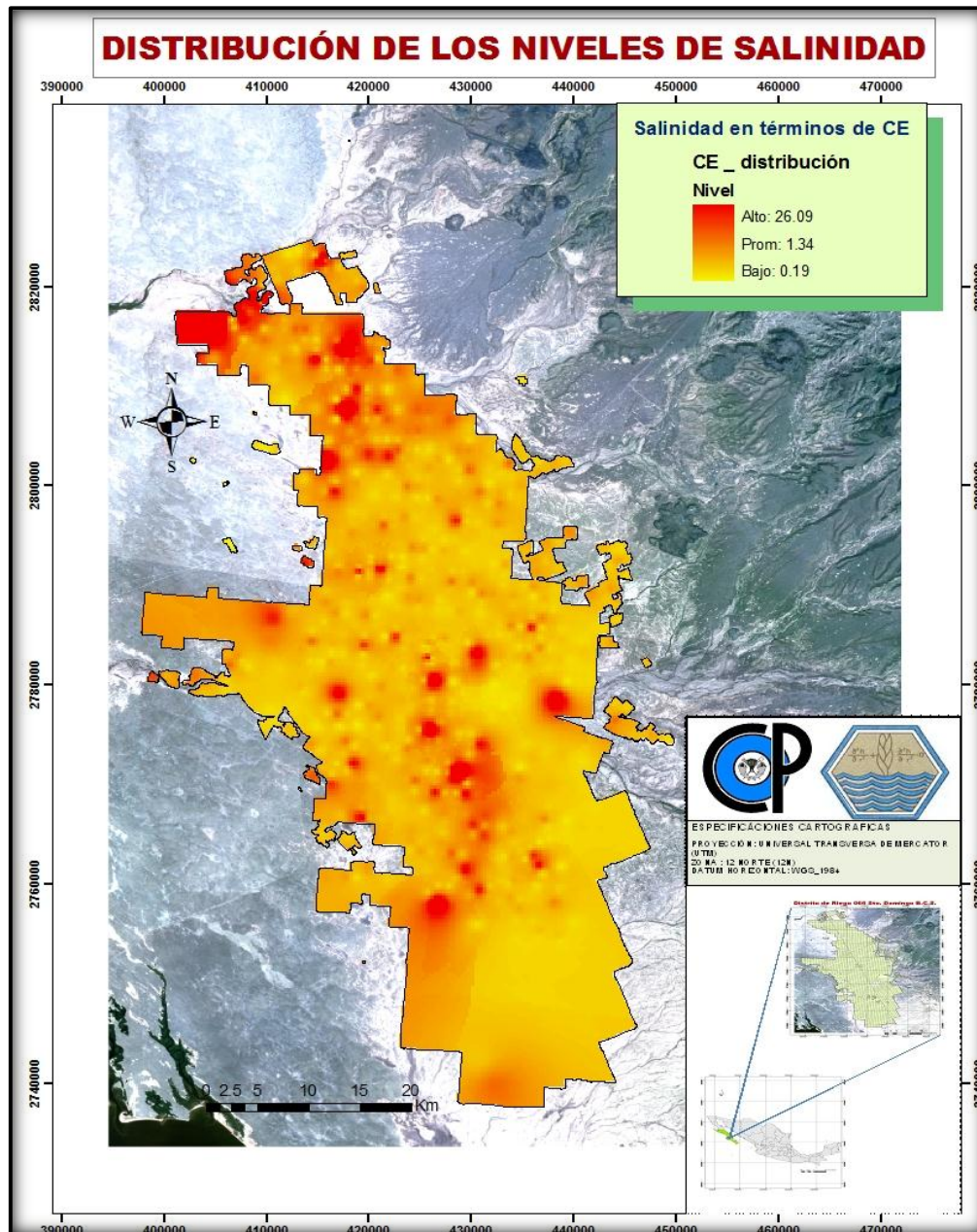


Figura 5.1. Distribución de la salinidad en el Distrito 066 Santo Domingo Baja California Sur.

La NOM-021-SEMARNAT-2000 establece 5 intervalos de clasificación de salinidad en términos de CE: con efectos despreciables, muy ligeramente salino, moderadamente salino, salino, fuertemente salino, y muy fuertemente salino.

En términos de CE y de acuerdo a la normatividad (NOM 021 SEMARNAT-2000), los resultados indican que la salinidad en las parcelas muestreadas tienen en gran parte salinidad despreciable (426) y suelos muy ligeramente salinos en 200 sitios muestreados, seguido de 53 parcelas con moderada salinidad y 19 parcelas salinas.

Para evaluar la salinidad en términos de CE, el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) establece dos intervalos de clasificación: normal y salino; en términos de PSI, clasifica como: sódico y salino-sódico. Los resultados indican que la salinidad de los suelos con respecto a la CE es en su mayoría normal (684 parcelas) con niveles de CE menores o iguales a 4.099. En relación a los niveles de sodio intercambiables se encontraron principalmente niveles sódicos ≤ 4.099 (390 parcelas), aunque también hay suelos salino-sódicos (320 parcelas) con niveles de PSI >4.1 .

De acuerdo a los cultivos sembrados en el distrito y conforme a la distribución de los niveles de salinidad (CE) de la Figura antes señalada (5.1) en la zonas norte y centro del distrito con niveles más altos, los cultivos de frijol, naranja y maíz disminuirán sus rendimientos hasta en un 50% en valores de 12, 5, y 8 dSm^{-1} de CE, respectivamente; ya que en promedio necesitan niveles de CE de 1.0, 1.7, y 1.7 dSm^{-1} , respectivamente. Mientras que los cultivos de sorgo, trigo y esparrago pueden ser más tolerantes a niveles más altos de CE en el suelo en promedio 6.8, 6.0 y 4.1 dSm^{-1} de CE.

Para conocer los niveles de salinidad en términos de superficie (ha) y su distribución en el distrito, se consideró adecuado usar la clasificación del USDA; y se encontró que en el Valle de Santo Domingo existen 200,518 ha con suelo considerado normal y 3,918 ha con suelo salino, representando el 98% y el 2%, respectivamente del total de superficie (204,507 ha) del Valle de Santo Domingo (Figura. 5.2).

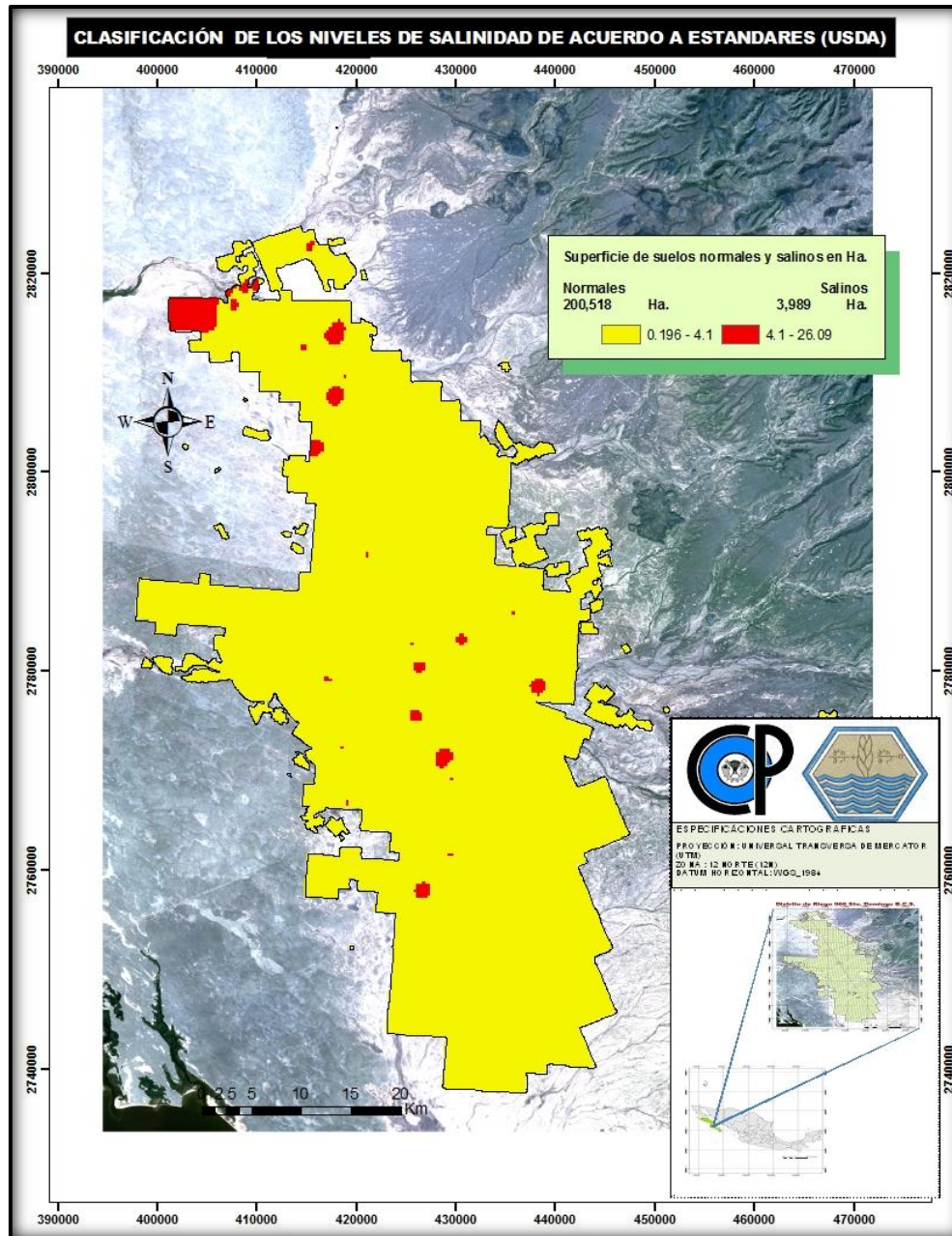


Figura 5.2. Clasificación de los niveles de salinidad, (USDA).

Conforme a la clasificación de salinidad (CE) realizada por el USDA (suelos normales <4.09 y suelos salinos >4.1), se puede aseverar que en 3,918 ha se puede cultivar trigo, sorgo y espárrago sin disminuir los rendimientos, ya que estas zonas son consideradas salinas. En la mayoría de los suelos normales (204,507 ha) se pueden sembrar los cultivos de maíz, alfalfa, naranja y frijol, sin afectar los rendimientos. Aunque es importante mencionar que los rendimientos también dependen de otros

factores como el clima, la calidad del agua de riego, la variedad del cultivo, las prácticas agrícolas, etc., que en mayor o menor medida incrementarán o disminuirán los rendimientos.

Por otro lado también se observó que la distribución de los suelos salinos, en términos de su CE, coincide con los niveles altos de salinidad que se encuentran en el agua de los pozos muestreados ubicados en la parte norte y centro del distrito (Capítulo 4 de esta Tesis), por lo que la información que se presente es de utilidad en la elaboración de recomendaciones que permitan el uso sustentable de los suelos para fines agrícolas.

5.4.2.2. Fertilidad de suelos

Los valores de las determinaciones que definen la fertilidad del suelo fueron comparados con los niveles de fertilidad que establece la NOM-021-SEMARNAT-2000, el USDA y los que propone Castellanos *et al.* (2000).

La NOM-021-SEMARNAT-2000 comprende las determinaciones de pH, materia orgánica MO, Nitrógeno inorgánico (nitrato y amonio), fósforo, calcio, magnesio, potasio y micronutrientes.

El pH tiene fuerte influencia en el desarrollo de los cultivos. La NOM-021-SEMARNAT-2000 en términos de pH clasifica 5 niveles: fuertemente ácido, moderadamente ácido, neutro, moderadamente alcalino y fuertemente alcalino. Se encontró que la mayoría de las parcelas (623) tienen suelos medianamente alcalinos, representando el 87.75%. En general las parcelas muestreadas en el distrito se encuentran en un nivel de ligeramente salino a moderadamente salino. El mapa para pH se presenta en el Anexo 20. Por otro lado el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) establece dos intervalos de clasificación para pH: normal y salino; para su interpretación con respecto a pH establece varias categorías: extremadamente ácido, fuertemente ácido, medianamente ácido, ligeramente ácido,

neutro, medianamente básico, básico, ligeramente alcalino, alcalino, y fuertemente alcalino. Con base a dicho estándar, la alcalinidad (pH) se encuentra en niveles básicos y ligeramente alcalinos con niveles de pH de 7.9-8.4 y 8.5-9.0 respectivamente, de los cuales la mayor parte de las parcelas muestreadas (513 de 710) son básicas y 178 ligeramente alcalinas.

La fertilidad en términos de MO en el distrito es baja, 519 sitios muestreados pertenecen a esta clasificación, representando el 73.1% del total, seguido de un nivel medio con 120 y muy bajo 71 sitios (Anexo 21). Con respecto a la cantidad de nitrógeno la mayoría de los sitios muestreados (329 y 227) tienen niveles muy bajos y bajos respectivamente; y aproximadamente un 12 % (85 sitios) en niveles medios (Anexo 22). Por otro lado las concentraciones de P, indican niveles bajos (<5.5 mg kg⁻¹) en 706 (99.4%) sitios muestreados, sólo cuatro (0.56%) sitios muestreados tienen niveles altos (>11.09 mg kg⁻¹) de fósforo (Anexo 23).

Por otro lado para representar la fertilidad en términos de niveles de K, Ca, y Mg clasifica en cuatro grupos: muy bajo, bajo, medio y alto. La comparación de las concentraciones encontradas y los estándares establecidos indican niveles medios y altos de estos nutrientes, rebasando los promedios de 579.7, 2496.5 y 794.7 mg kg⁻¹ respectivamente. Para el caso de los niveles de potasio se encontraron 19 (2.7%) parcelas con nivel medio (117.3 a 234.6 mgKg⁻¹ de K) y la mayoría (691) de las parcelas tienen niveles altos (>234.6 mg kg⁻¹), lo cual se presenta en el mapa del Anexo 24; de la misma manera se observó que 514 (72.4%) de las parcelas tienen nivel alto de concentraciones Ca (mayores de 2000 mg kg⁻¹) y el resto en nivel medio (186 parcelas), bajo (9 parcelas) y muy bajo (1 parcela) como se aprecia en el mapa del Anexo 25; igualmente para las concentraciones de magnesio 704 parcelas (99.2%) tienen nivel alto (>366 mg kg⁻¹), y sólo 6 (0.8%) parcelas tienen nivel medio (158.6 a 366 mg kg⁻¹), lo cual se presenta en el mapa del Anexo 26.

Conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000, los suelos del Distrito tienen niveles básicos (513 de 710 parcelas) y ligeramente alcalinos (178 de 710 parcelas), cuyo

pH varía de 7.9-8.4 y 8.5-9.0, respectivamente. Asimismo y de acuerdo a los criterios del USDA, al extrapolar los puntos de muestreo para abarcar la superficie del Valle de Santo Domingo, se encontró que la mayoría de las parcelas del distrito presentan pH básico (153,005 ha) y ligeramente alcalinos (50,591 ha).

Conforme a los niveles de pH que requieren los cultivos para alcanzar buenos rendimientos; se puede sembrar trigo, esparrago, sorgo y alfalfa únicamente en las 153,005 ha por ser cultivos menos tolerantes a la alcalinidad, y en las 50,591 ha antes referidas se debe considerar la siembra de otros cultivos que se adapten a suelos alcalinos.

Los resultados en general, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000, indican que la fertilidad de los suelos del distrito es de muy baja a baja, si se consideran las concentraciones de nitrógeno inorgánico y materia orgánica; y es de media a alta en términos de K, Ca y Mg. Los suelos tienen fertilidad media en función del contenido promedio de P (7.85 mg kg^{-1}) se clasifica como nivel medio.

Por otro lado Castellanos *et al.* (2000) presenta otra clasificación de la fertilidad del suelo, considerando las concentraciones de K, Ca y Mg. Esta clasificación se aplicó, en el presente estudio, considerando que existen tres tipos de suelo en el distrito: arcilloso, arenoso y franco; se describe la fertilidad por tipo de suelo.

En los suelos arcillosos la fertilidad es medio moderada a moderadamente alta con base en el contenido de K (593 parcelas), Ca (515 parcelas) y Mg (586 parcelas). Si sólo se considera el contenido de Mg la fertilidad del suelo es media moderada a moderadamente alta en 586 parcelas y es de alta a muy alta en 122 parcelas. Esto quiere decir que en los suelos arcillosos se encontrarán niveles de fertilidad de medio moderado en su mayoría y en menor medida de altos a muy altos.

En suelos arenosos los niveles de K indican que la fertilidad es alta y muy alta en 580 parcelas y medio moderada a moderadamente alta en 128 parcelas y muy baja a

moderadamente baja en 2 parcelas. Los niveles de calcio indican una fertilidad del suelo alta a muy alta en 434 parcelas, medio moderada a moderadamente alta en 266 parcelas y muy bajo a moderadamente a moderadamente bajo en 10 parcelas. Los niveles de Mg indican que la fertilidad del suelo es alta a muy elevada (697 parcelas) y medio moderada a moderadamente alta en 13 parcelas. Por lo tanto en general para este tipo de suelo los niveles de fertilidad son altos a muy altos y en menor escala son medio moderados a moderadamente altos.

En los suelos francos la fertilidad es media moderada a moderadamente alta en 421 parcelas de acuerdo a su contenido de K, alta a muy alta en 283 parcelas, ambas representan 59% y 40%, del total de parcelas, respectivamente. En este mismo tipo de suelo y para Ca la fertilidad es media moderada en 623 parcelas, y muy baja a moderadamente baja en 59 parcelas. Las cantidades de Mg indican que la fertilidad es media moderada a moderadamente alta en 382 parcelas y alta a muy alta en 328 parcelas. En general en este tipo de suelo es importante señalar que la fertilidad es media moderada para los tres nutrientes, y alta o muy alta en menor medida para K y Mg; puesto que las concentraciones de Ca son bajas en menor medida.

En general los suelos arcillosos y francos tienen fertilidad media moderada, y los suelos arenosos presentan fertilidad alta y muy alta si se consideran los tres nutrientes (Ca, Mg y K). La clasificación de fertilidad del suelo basada en la NOM-021-SEMARNAT-2000, en general coincide la clasificación propuesta por Castellanos *et al.* (2000).

En virtud de que los suelos en el distrito tienen en promedio un pH de 8.41, en general se prevé que los cultivos de sorgo, maíz y naranja disminuirán sus rendimientos, ya que éstos requieren valores de pH menores de 5.5 a 7.0, 5.8 a 7.2, y 6.0 a 7.0, respectivamente. Los cultivos que se verán menos limitados son: trigo, frijol, espárrago, y alfalfa, ya que requieren valores de pH de 5.5 a 7.5, 6.0 a 7.5, 6.2 a 7.5, y 6.3 a 7.8, respectivamente.

De acuerdo con los bajos niveles de fósforo en general se debe fertilizar con 50 a 100, 50 a 90, 40 a 80, 100 a 120, y 70 a 120 kg de P₂O₅/ha para maíz, trigo, sorgo, frijol y esparrago, respectivamente (Castellanos et al., 2000). En algunas parcelas de las zonas centro y sur del distrito por su contenido más alto de fósforo dichas cantidades se deben ajustar a la baja. El mapa de fósforo se presenta en el Anexo 24.

Se cuantificó el área de cada clasificación de fertilidad de suelo, en función de N inorgánico, materia orgánica y fósforo, considerando las categorías (muy baja, baja, media y muy alta) de la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los resultados obtenidos, extrapolados a toda la superficie del Valle de Santo Domingo, indican que gran parte de los suelos del Valle tiene niveles bajos de N inorgánico (120,671 ha) y de materia orgánica (180,646 ha). La fertilidad del suelo considerando el fósforo es de baja en 75,675 ha y media en 71,318 ha. También se observó que al considerar el potasio, calcio y magnesio la fertilidad es alta en 204,004 ha, 172,173 ha, y 204,275 ha, respectivamente. En el siguiente Cuadro 5.4. se presentan en forma detallada la superficie para cada clasificación.

Cuadro 5.4. Clasificación de la fertilidad de los suelos en número de hectáreas.

FERTILIDAD					
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUY BAJA (Ha)	BAJA (Ha)	MEDIA (Ha)	ALTO A MUY ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
NITRÓGENO INORG.	63,109	120,671	18,945	1,783	204,507
%	31	59	9	1	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUY BAJA (Ha)	BAJA (Ha)	MEDIA (Ha)	ALTO A MUY ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
MATERIA ORGÁNICA	9,225	180,646	14,644	0	204,515
%	5	88	7	0	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	BAJO (Ha)	MEDIO (Ha)		ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
FÓSFORO	75,675	71,318		57,506	204,499
%	37	35		28	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUY BAJA (Ha)	BAJA (Ha)	MEDIA (Ha)	ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
POTASIO	0	0	496	204,004	204,499
%	0	0	0.2	99.8	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUY BAJA (Ha)	BAJA (Ha)	MEDIA (Ha)	ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
CALCIO	48	440	31,846	172,173	204,508
%	0.02	0.22	16	84	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	MUY BAJA (Ha)	BAJA (Ha)	MEDIA (Ha)	ALTO (Ha)	SUP. TOTAL DEL ACUÍFERO (Ha)
MAGNESIO	0	0	232	204,275	204,507
%	0	0	0.11	99.89	100

En relación con los micronutrientes determinados, de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000, las determinaciones realizadas para Fe indican que las concentraciones de este elemento se encuentran en niveles escasos (2.5 -4.5) puesto que se tienen niveles promedio de 2.9 mg Kg⁻¹ de Fe; asimismo los niveles de Zn son deficientes (<0.5), en el distrito las concentraciones promedio son de 0.4 mg Kg⁻¹, muy por debajo de los niveles marginales o escasos (0.5-1.0). A diferencia de éstos, las concentraciones de Cu y Mn se encuentran en niveles adecuados (>0.2 y >1.0), cuyos niveles promedio se ubican en 0.8 y 7.7 mg Kg⁻¹, respectivamente.

Aunque en general las concentraciones de Fe, Cu, Zn y Mn no exceden los límites recomendados por la NOM-021-SEMARNAT-2000, y se prevé la necesidad de aplicar dichos micronutrientes como complemento en la fertilización, es importante considerar la sensibilidad de los cultivos a dichos elementos.

El frijol, sorgo, esparrago y naranja tienen una alta sensibilidad al Fe, a diferencia del cultivo de alfalfa que tiene una sensibilidad baja; el trigo y la alfalfa son altamente sensibles a Cu, mientras que el frijol, esparrago y naranja no lo son; el maíz, frijol y naranja son muy sensibles a Zn, no así el esparrago; el sorgo, naranja y alfalfa son altamente sensibles a Mn, mientras que para esparrago no lo es (Castellanos *et al.*, 2000).

5.4.2.3. Metales pesados

Las concentraciones promedio de Cd, Pb y Ni (0.03, 0.24 y 0.09 mg kg⁻¹, respectivamente) en los suelos del distrito indican que dichos elementos no representan riesgo alguno para los cultivos y la salud humana, con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Aun las concentraciones más altas de plomo (0.385 mg kg⁻¹) que en su mayor parte se encuentran en el centro y sur del distrito, no rebasan los límites máximos permisibles.

5.4.3. Índices de Calidad de suelos (ICS y IQI)

Aplicando lo propuesto por Harris et al. (1996), el cual considera la disponibilidad de nutrientes en el suelo, agua y raíces, se obtuvieron índices de calidad de suelo (ICS) que se ubican en el intervalo de 0.5 y 1.0, cuyo promedio es de 0.72. Los valores de ICS que indican mejor calidad del suelo (cerca de 1.0) se localiza principalmente en el centro del distrito (Figura 5.3).

Partiendo de lo antes señalado y considerando que los tipos de cultivos actualmente sembrados en el distrito han sido adaptados conforme a las condiciones del clima, suelo, agua, etc., se espera que la siembra de frijol, maíz y naranja, cultivos más sensibles a la calidad del suelo, se desarrollen mejor en los suelos ubicados en el centro del Valle de Santo Domingo; y en suelos con baja calidad (norte y parte del centro) aun el trigo, sorgo, y esparrago, que son menos sensibles a la baja calidad del suelo, requerirán prácticas de manejo para mejorar sus rendimientos.

Se cuantificó que 110,215 ha (53.9%) tienen un índice de calidad de 0.7 a 0.8, por arriba de 0.5 (línea base) que representa lo mínimo requerido para el cultivo. Por otro lado 46,938 ha (23%) tienen un índice de 0.6 a 0.7, un poco arriba de la línea base (Cuadro. 5.5). En general el Cuadro 5.5 nos indica que los rendimientos de los cultivos disminuirán conforme el ICS disminuye.

Cuadro 5.5. Superficie de calidad del suelo y porcentaje que representa del total del distrito de riego.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO		
NIVEL DE CALIDAD	NÚMERO DE HECTÁREAS	%
0.5 - 0.6	6,363	3.1
0.6 - 0.7	46,938	23.0
0.7 - 0.8	110,215	53.9
0.8 - 0.9	39,720	19.4
0.9 - 1.0	1,279	1
TOTAL	204,515	100

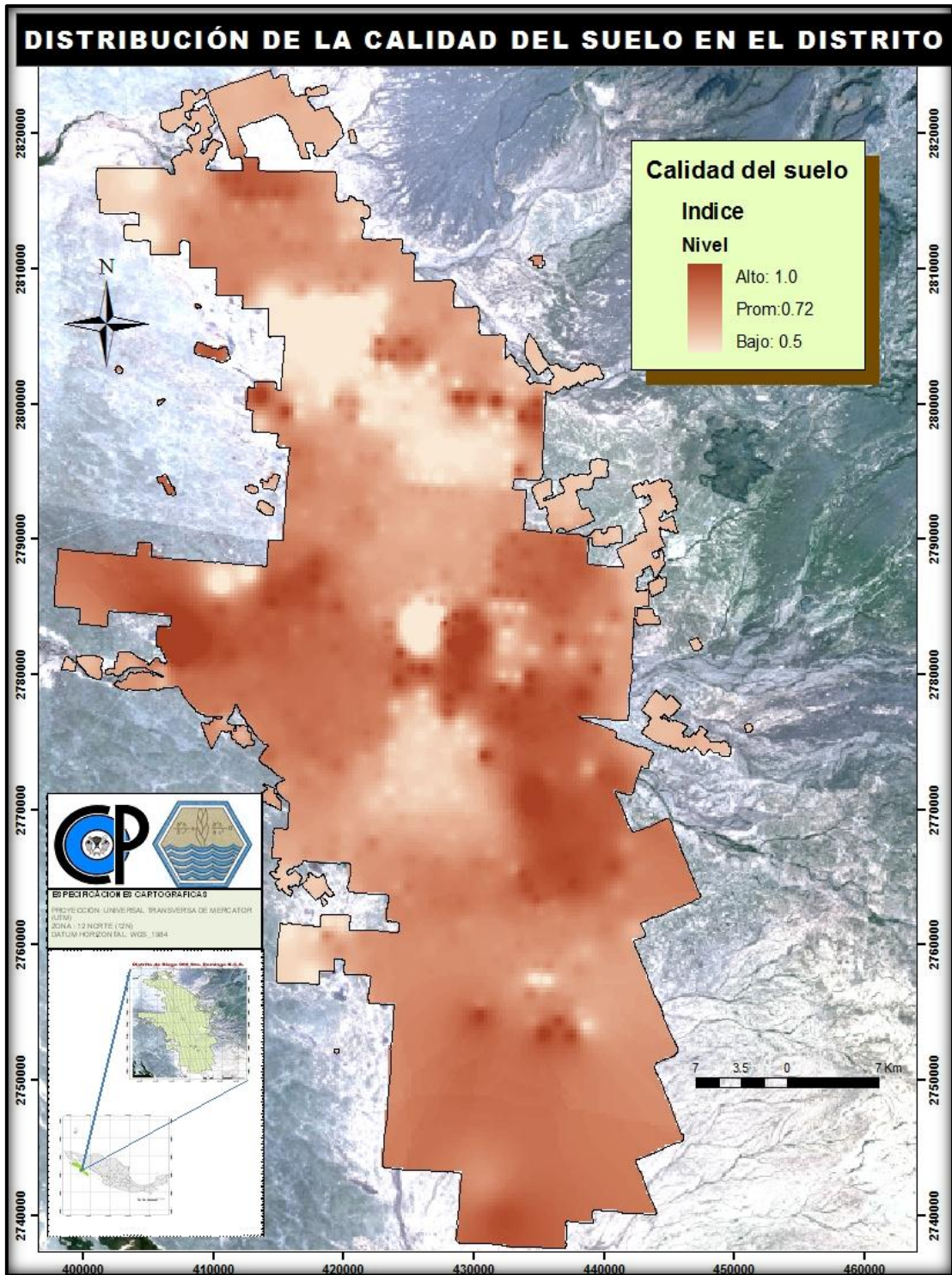


Figura 5.3. Distribución de los niveles de calidad del suelo, aplicando el índice de calidad propuesto por Harris *et al.* (1996).

De acuerdo a la clasificación de la calidad del suelo propuesta por Harris et al. (1996), los índices obtenidos se localizan en un intervalo de 0.5 a 1.0, pero para términos prácticos se optó por establecer intervalos con la finalidad de observar y diferenciar las zonas con alto y muy alto riesgo de disminuir el rendimiento de los cultivos e inferir la prioridad en la ejecución de algunas prácticas de mejoramiento de suelo y los tipos de cultivos de acuerdo a su sensibilidad a la calidad del suelo. Se puede observar que 46,938 ha se encuentran en riesgo de disminuir su calidad con valores cercanos a 0.5; mientras que 1,279 ha tienen mayor fertilidad y buena calidad del suelo (0.9 – 1), que representa el índice óptimo (Figura 5.4).

En 53,301 ha (26.1%) por la calidad de los suelos se pueden tener dificultades para obtener rendimientos satisfactorios en cultivos como maíz, frijol y naranja. En 110,215 ha (53.9%) de los suelos se puede sembrar sin problemas mayores; y más aún en 39,720 ha (19.4%) que tienen suelos de mejor calidad y con excelente calidad en 1,279 ha (1%). Por lo tanto se recomienda adaptar los cultivos del distrito de acuerdo a los niveles de calidad obtenidos.

Con respecto a la aplicación del índice de calidad integrado conocido como IQI (Yanbing *et al.* (2009) basado en Doran y Parkin, 1994), que usa el procedimiento TDS (Sun *et al.*, 2003; Shukla *et al.*, 2006) para asignar el peso de cada parámetro o determinación involucrada; en el DDR se encontró que la mayoría de los suelos (203, 915 ha) tienen las más rígidas limitaciones para el crecimiento de la mayoría de los cultivos (Grado IV), del mismo modo 567.5 ha se localizan en grado III lo que indica que tienen más limitaciones severas que el grado II sustentable para la planta, pero con algunas limitaciones, en éste último grado se localizan 16 hectáreas (Cuadro 5.6).

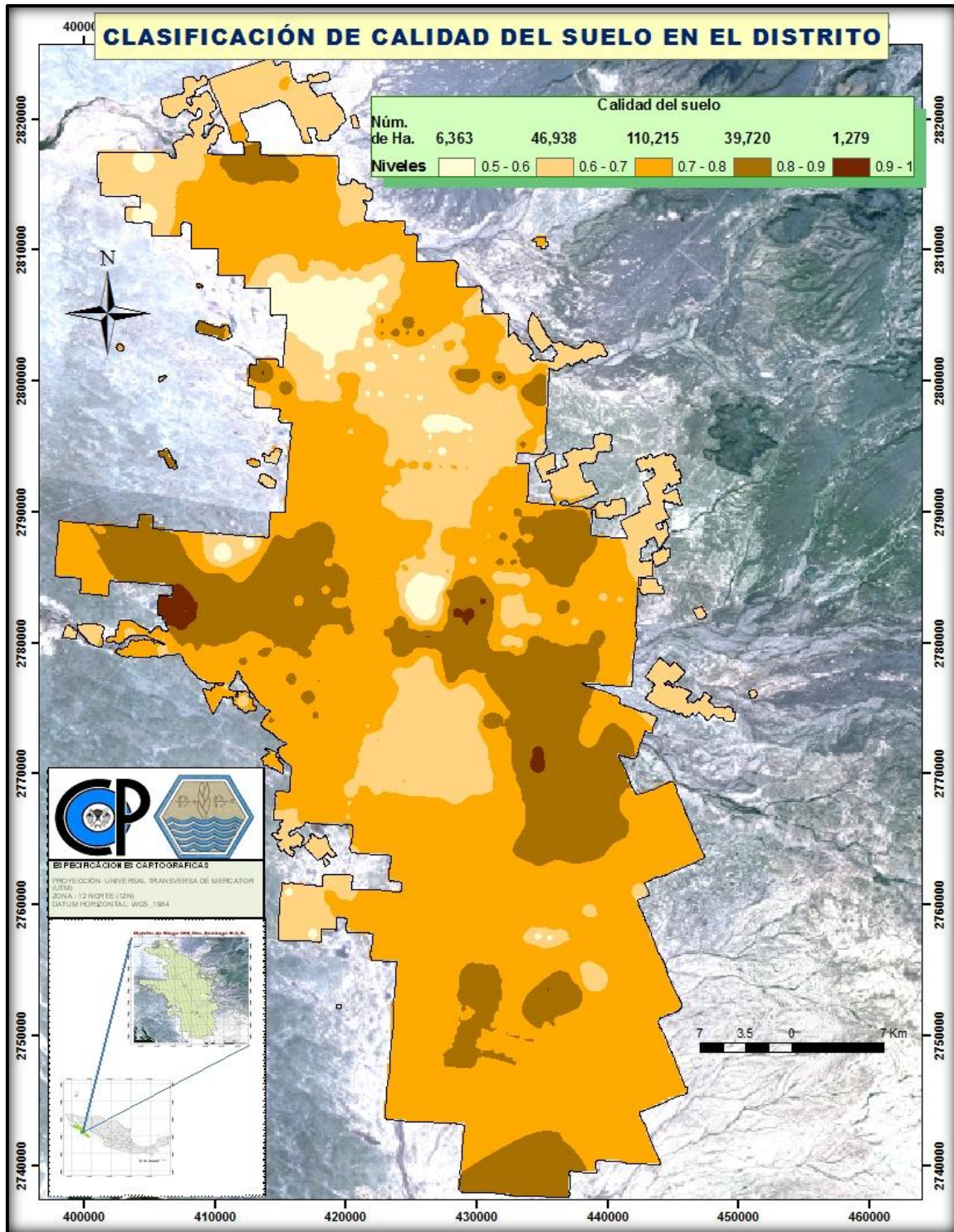


Figura 5.4. Clasificación de la calidad del suelo y su extensión en el distrito de riego.

En el DDR los cultivos de maíz, frijol, y naranja requieren mejores niveles de calidad en los suelos, por lo que tendrían más limitaciones a los grados de calidad de suelo obtenidos que en su mayoría son grado IV (las más severas limitaciones para el crecimiento del cultivo), sin considerar que hay otros cultivos como rábanos, cebolla, calabazas, etc., que necesitan excelentes niveles de calidad de suelos puesto que son muy sensibles a variaciones de nutrientes y a niveles altos de salinidad.

Cuadro 5.6. Superficie de calidad del suelo y porcentaje que representan del total de superficie del acuífero.

ÍNDICE DE CALIDAD INTEGRADO (IQI) DEL SUELO			
GRADO	INTERPRETACIÓN	NÚM. DE HECTÁREAS	%
I	El más sustentable para el crecimiento de la planta	0	0
II	Es sustentable para el crecimiento de la planta, pero con algunas limitaciones	16.0	0.008
III	Tiene más limitaciones severas que el grado II	567.5	0.28
IV	El suelo tiene las más severas limitaciones para el crecimiento de la planta	203915.6	99.71
TOTAL		204499	100

La distribución geográfica de la clasificación de la calidad del suelo con base en el IQI, se representa en la Figura (5.5). Este IQI considera la mayoría de los cultivos, puesto que los criterios de clasificación de calidad son más restrictivos; esto quiere decir que existen zonas donde es sustentable el crecimiento de la mayoría de los cultivos (grado II) en 16 ha, como se observa la figura antes señalada. Mientras que en la mayoría (203,915.6 ha), la calidad de los suelos no es apta para cualquier cultivo, puesto que se tendrían severas limitaciones, principalmente para aquellos más sensibles.

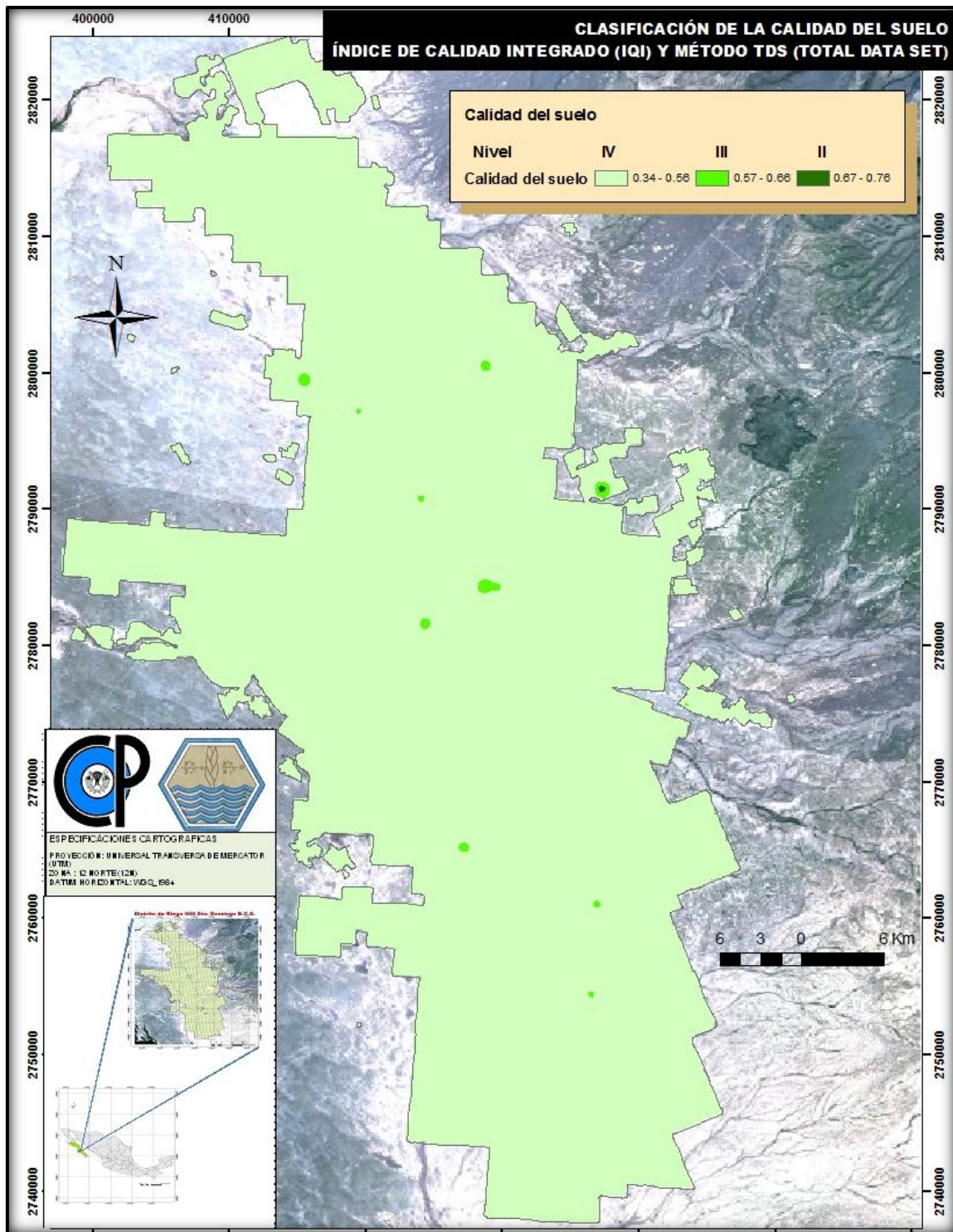


Figura 5.5. Clasificación de la calidad del suelo y su extensión con base al IQI.

5.5. CONCLUSIONES

Los suelos del Valle de Santo Domingo en general no presentan problemas de salinidad. Conforme a la NOM 021 SEMARNAT-2000 del total de 710 parcelas hay 626 con salinidad ligera o despreciable y de acuerdo al USDA existen 684 con suelo normal. En términos de extensión existen 200,518 ha con suelo considerado normal; únicamente 3,918 ha tienen suelo salino en el cual los cultivos de frijol, naranja y maíz disminuirán sus rendimientos hasta en un 50%, mientras que el sorgo, trigo y esparrago pueden ser más tolerantes a las sales.

La fertilidad de los suelos del distrito es de muy baja (120,671 ha) a baja (180,646 ha) con base en las concentraciones de nitrógeno inorgánico y materia orgánica, respectivamente; y es de media a alta en términos de K, Ca y Mg conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000, y en general con Castellanos et al. (2000).

De acuerdo al promedio (8.41) pH en los suelos, se prevé que los cultivos de sorgo, maíz y naranja disminuirán sus rendimientos, ya que requieren valores de pH menores de 5.5 a 7.0, 5.8 a 7.2, y 6.0 a 7.0, respectivamente.

Las concentraciones de Fe, Cu, Zn y Mn no exceden los LMP indicados por la NOM-021-SEMARNAT-2000, y se prevé la necesidad de aplicar dichos micronutrientes como complemento en la fertilización, en cuya práctica es importante considerar la sensibilidad de los cultivos a dichos elementos.

Las concentraciones promedio de Cd, Pb y Ni (0.03, 0.24 y 0.09 mg kg⁻¹, respectivamente) en los suelos del distrito indican que dichos elementos no representan riesgo alguno para los cultivos y la salud humana, con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

En el valle existen 6,363, 110,215, 46,938, 39,720 y 1,279 ha que tienen un índice de calidad del suelo (ICS) de 0.5 a 0.6, 0.7 a 0.8, 0.6 a 0.7, 0.8 a 0.9 y 0.9 a 1.0,

respectivamente. Considerando la línea base (0.5) que representa la calidad de suelo mínima requerida para el cultivo, se pueden inferir dificultades para obtener rendimientos satisfactorios de maíz, frijol y naranja.

Con base en el índice de calidad integrado (IQI) existen 203, 915 ha clasificadas en el Grado IV, en las cuales hay severas limitaciones para el crecimiento de la mayoría de los cultivos. El resto de la superficie del Valle presenta menores limitaciones para la agricultura.

El índice de calidad del suelo ICS se relaciona mejor con los cultivos del distrito que se han venido seleccionando con base en su adaptabilidad, en cambio el IQI es muy estricto para ser aplicado en nuestra zona de estudio, ya que discrimina de mejor forma escenarios donde hay cultivos sensibles y no sensibles a la calidad de suelo, lo que ocurre en áreas más favorables a la agricultura.

5.6. LITERATURA CITADA

- Andrews, S.S., Karlen D.L. y Mitchell, J.P., 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 25-45.
- Andrews, S., S. Flora, C., B.Mitchell, J., P. Karlen, D., L.2003. Growers'perceptions and acceptance of soil quality índices. *Geoderma* 114: 187-213.
- Belotti. 1998. Assessment of a soil quality criterion by means of a field survey. *Applied soil ecology*. Sturrgart, Germany. 10:51-63.
- Bindraban, P., S. Stoorvogel, J., J. Jansen, D., M. Vlaming, J. Groot, J., J., R. 2000. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 81: 103–112.
- Burger, J., A. Kelting, D., L. 1999. Using soil quaiity indicators to assess forest stand management. *Forest Ecology and Management* 122:155-166.
- Comisión Nacional de Zonas áridas (CONAZA). 2009. CONAZA al combate contra la desertificación y el cambio climático. <http://www.conaza.gob.mx/bcs.pdf>.
- González, Q. V. 2006. Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid & Instituto de ciencias agrarias del centro de ciencias ambientales (CSIC). Madrid, España. 441 p.
- Harris R.F., Karlen, D.L. y Mulla, D.J., 1996. A conceptual framework< for assessment and Management of Soil Quality and Health, p.61-82. In J.W. Doran and A.J. Jones (ed). *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Spec. Publ. No:49. Madison, WI.
- Hussain, I., Olson, K.R., Wander, M.M. and Karlen, D.L. 1999. Adaptation of soil quality Índices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 50:237-249.
- McGrath, D. Zhang, C., S. 2003. Spatial distribution of soil organic carbon concentrations in grassland of Ireland. *Appl. Geochem.* 18: 1629–1639.
- Nortcliff, S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88:161-168.
- SEMARNAT.2010. Programa de ordenamiento ecológico marino y regional del pacífico norte. Parte II Análisis de aptitud. Sector agrícola. Ensenada, Baja California, México. 45 p.

- Spariing, G. Schipper, L. 2004. Soil quality monitoring in New Zealand: trends and issues arising from a broad-scale survey. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 545-552.
- Troyo Diéguez E. et al. 2008. Diagnostico agroambiental de Baja California Sur: estado actual y alternativas para el desarrollo agropecuario sostenible. Capítulo 13, en Cariño, M. y M. Monteforte (eds), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*. México, D.F. SEMARNAT-INE-UABCS-CONACYT. Pp: 551-570.
- Yanbing, Qi., Jeremy., L. Darilek, Biao., Huang. Yongcun, Zhao., Weixia. Sun, Zhiquan., Gu. 2009. Evaluating soil quality índices in an agricultural región of Jiangsu Province, China. *Science Direct. Geoderma*. 149: 325-334.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones

En términos de salinidad se observó que todos los pozos exceden los LMP para uso agrícola y consumo humano en los siguientes parámetros de salinidad: pH, CE, Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺, Na⁺, N-NO₃⁻ y B, que establecen la NOM-127-SSA1-1994, OMS, EPA, UE, FAO y la Guía de calidad del agua de Sudáfrica. En general se encontró que los pozos que excedían los límites máximos permisibles de RAS y CE se localizan en zonas cercanas a la costa.

Ninguno de los 600 pozos muestreados cumple con la normatividad, por lo menos en alguno de los parámetros (Cu, Mn, Al, Cr, Ni, Pb, y Co) que consideran la legislación nacional e internacional para su uso agrícola y consumo humano.

La mayoría de los pozos (569 de 600) tienen un ICA apta para irrigar alfalfa, trigo, esparrago, garbanzo, papa, cártamo y sorgo. La irrigación de frijol, maíz y naranja con dichas aguas podrían reducir de un 10 a un 25% su rendimiento.

El ICA para consumo humano indicó, en general, que el agua está levemente contaminada y sólo pocos pozos tienen agua contaminada, por lo que dichas aguas requieren de algún tratamiento de potabilización.

Los suelos del Valle de Santo Domingo en general no presentan problemas de salinidad con base en la clasificación derivada de la normatividad. En términos de extensión existen 200,518 ha con suelo considerado normal; únicamente 3,918 ha tienen suelo salino en el cual los cultivos de frijol, naranja y maíz disminuirán sus rendimientos hasta en un 50%, mientras que el sorgo, trigo y esparrago pueden ser más tolerantes a las sales.

La fertilidad de los suelos del distrito es de muy baja (120,671 ha) a baja (180,646 ha) con base en las concentraciones de nitrógeno inorgánico y materia orgánica, respectivamente; y es de media a alta en términos de K, Ca y Mg conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000, y en general con Castellanos et al. (2000). Se prevé la necesidad fertilizar con macronutrientes y de complementarla con Fe, Cu, Zn y Mn, en cuya práctica es importante considerar la sensibilidad de los cultivos a estos elementos. El pH (que en promedio es de 8.41) en general limita los máximos rendimientos de los cultivos del distrito.

Las concentraciones promedio de Cd, Pb y Ni en los suelos del distrito indican que dichos elementos no representan riesgo alguno para los cultivos y la salud humana, con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

El índice de calidad del suelo ICS se relaciona mejor con los cultivos del distrito que se han venido seleccionando con base en su adaptabilidad, en cambio el IQI es muy estricto para ser aplicado en nuestra zona de estudio, ya que discrimina de mejor forma escenarios donde hay cultivos sensibles y no sensibles a la calidad de suelo, lo que ocurre en áreas más favorables a la agricultura.

2. Recomendaciones

El valle de Santo Domingo es un sistema complejo, su degradación, conservación y restauración intervienen muchos componentes o factores y pueden ser vistos como sistemas o subsistemas. Por lo tanto se recomienda implementar una estrategia cuyo objetivo sea conservar y restaurar el sistema para mantener la productividad y los rendimientos de la actividad agrícola en la región.

La estrategia debe estar basada en la concientización e información de todos los actores sociales involucrados.

Se recomienda elaborar un diagnostico que incluya las dimensiones sociales, institucionales, económicas y tecnológicas. Los tomadores de decisiones a nivel gobierno deben brindar apoyo mediante programas y fondos encaminados a prácticas más sustentables.

Anexos

ANEXO 1 Determinaciones químicas e identificación geográfica de cada uno de los pozos muestreados en el DDR 066.

No.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COLONIA	LOTE	SALINIDAD														METALES PESADOS Y OTROS ELEMENTOS														
					pH	mg L ⁻¹													RAS	mg L ⁻¹													
						CE	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Cu ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	N-NO ₃	P	B	Fe		Cu	Mn	Zn	Al	La	Li	Sr	Cr	Ni	Pb	Co	Cd	F	Br
1	413174.56	2787642.51	18 DE MARZO	4	7.82	1.731	0	4.62	10.86	0.99	2.43	4.37	0.17	10.14	5.5	2.48	0.014	0.374	0.0142	0.0024	0.002	0.0004	0.02	0.0758	0.0206	0.591	0.0196	0.0032	nd	0.0014	0.0022	0.432	0.685
2	411137.56	2786964.36	18 DE MARZO	11	7.86	7.77	0	4.2	62.4	5.28	22.99	18.59	0.43	31	6.8	5.67	0.016	1.368	0.012	nd	nd	nd	0.039	0.041	2.346	nd	0.002	nd	nd	nd	0.407	0.725	
3	418954.26	2800259.72	A. F. E. NO. 1	3	8.5	1.83	0.88	2.8	10	2.7	3.31	4.67	0.14	9.7	4.86	6.92	0.011	0.781	0.015	0.003	0	0.006	0.025	0.014	0.414	nd	nd	0.009	nd	nd	0.654	0.473	
4	418600.35	2801687.91	A. F. E. NO. 1	4	8.26	1.98	0.56	2.7	11.2	2.18	5.92	5.15	0.11	7.8	3.32	6.79	0.007	0.53	0.053	0.036	0	0.003	0.015	0.026	0.016	0.421	0.003	nd	nd	nd	0.424	1.174	
5	416677.81	2800433.7	A. F. E. NO. 1	10	8.11	0.96	0.16	4.6	4.27	0.4	1	1.56	0.12	6.2	5.48	5.28	0.013	0.29	0.007	nd	nd	nd	0.015	0.011	0.167	nd	0.001	nd	nd	nd	0.489	0.217	
6	421762.68	2800781.38	A. F. E. NO. 2	1	8.03	1.35	0.24	3.8	8.54	0.33	2.98	3.77	0.11	5.8	3.16	6.81	0.019	0.22	0.013	nd	nd	0	0.024	0.013	0.284	0	0	nd	nd	nd	0.376	0.495	
7	423097.69	2800291.75	A. F. E. NO. 2	4	8.45	1.92	0.8	2.6	10.8	2.21	3.81	4.23	0.17	9.2	4.59	6.32	0.01	0.58	0.056	0.001	0.001	0.003	0.036	0.024	0.014	0.314	0.002	nd	0.014	nd	0.3	0.716	
8	421639.42	2799030.28	A. F. E. NO. 2	5	8.56	1.23	0.96	3.4	6.4	0.99	1.76	2.57	0.14	6.9	4.69	6.48	0.006	0.363	0.047	0.001	0.001	nd	0.043	0.021	0.012	0.263	nd	nd	0.004	nd	0.684	0.632	
9	422880.05	2798981.26	A. F. E. NO. 2	6	7.65	0.79	0	4.6	2.72	0.34	0.69	1.3	0.16	7.1	7.12	6	0.008	0.24	0.027	nd	nd	0.114	0.013	0.011	0.111	0.114	0.002	0.001	nd	nd	0.447	0.136	
10	424119.13	2800058.3	A. F. E. NO. 2	11	7.91	1.4	0.4	4	8.54	0.68	2.74	3.82	0.17	6.1	3.37	6.48	0.014	0.21	0.44	nd	0.008	nd	0.129	0.024	0.014	0.322	nd	0.001	nd	nd	0.381	0.498	
11	425019.36	2801201.6	A. F. E. NO. 2	13	8.32	1.5	0.64	2.5	8.8	1.18	5.03	4.32	0.1	4.5	2.08	7.58	0.01	0.264	0.025	0.001	0	nd	0.013	0.027	0.014	0.27	nd	nd	0.005	nd	0.148	0.721	
12	423878.94	2801878.99	A. F. E. NO. 2	15	8.5	0.99	0.72	2.7	4.4	0.79	2.57	2.6	0.07	3.5	2.18	5.94	0.01	0.289	0.017	0.001	0.001	0	0.008	0.024	0.011	0.171	0	nd	nd	0.251	0.434		
13	425922.61	2801734.64	A. F. E. NO. 2	17	8.04	2.26	0	3.4	14.8	2.06	10.41	7.06	0.15	5.75	1.95	4.43	0.012	0.377	0.037	0.003	0.001	0.003	0.012	0.052	0.019	0.528	0.003	0.001	0.017	nd	0.11	1.608	
14	426915.54	2801660.37	A. F. E. NO. 2	18	7.89	4.1	0	3.6	28.8	4.5	21.77	12.37	0.18	7.3	1.77	7.6	0.007	0.552	0.019	0.002	0	0.005	nd	0.036	0.023	0.969	0.005	nd	nd	0.189	2.175		
15	426769.14	2802587.63	A. F. E. NO. 2	18-A	8.12	1.63	0	3.6	9.6	1.22	8.18	4.77	0.12	5.3	2.08	5.75	0.011	0.283	0.018	0.002	0	0.008	0.008	0.03	0.016	0.352	0.008	nd	0.012	nd	0.116	1.13	
16	428772.86	2801228.3	A. F. E. NO. 2	21	8.43	0.92	0.8	3.4	3.6	0.64	2.85	2.34	0.09	3.1	1.93	5.98	0.008	0.238	0.006	0.001	0	0.001	0.005	0.022	0.012	0.171	0.001	nd	0.028	nd	0.214	0.357	
17	425805.37	2800556.02	A. F. E. NO. 2	22	8.18	2.32	0	4	13.2	3.94	9.42	8.04	0.12	6.1	2.06	6.5	0.011	0.736	0.036	0.002	0.001	0.021	0.037	0.029	0.019	0.517	0.021	nd	0.013	nd	0.165	1.451	
18	426826.23	2800661.7	A. F. E. NO. 2	23	7.94	0.98	0.12	4.4	3.88	0.6	2.61	3.1	0.11	4.8	2.84	7.16	0.013	0.18	0.009	nd	nd	nd	0.021	0.013	0.191	nd	0.001	nd	nd	0.2	0.206		
19	420871.8	2813000.51	ACATAC	D	7.77	2.94	0	5	18.24	4.83	3.2	5.32	0.1	19	3.21	5.21	0.005	1.36	0.015	nd	nd	nd	0.024	0.023	0.657	0	0	nd	nd	0.4	1.228		
20	426343.92	2794303.32	AGRICOLA OLACHEA	12	8.11	4.02	0.28	2	32.98	3.07	30.75	12.83	0.38	12.7	3.7	4.89	0.01	0.31	0.035	nd	0.001	0	0.01	0.034	0.036	1.826	0	0	nd	nd	0.262	2.59	
21	427115.06	2784403.37	AGRICOLA OLACHEA	14	7.68	2.85	0	4.2	20.95	1.88	8.8	8.83	0.31	8.7	2.89	8.61	0.013	0.27	0.027	nd	nd	nd	0.032	0.025	1.288	nd	0	nd	nd	0.384	1.936		
22	425459.17	2783478.18	AGRICOLA OLACHEA	24	7.88	1.67	0.12	4.6	10.86	0.4	3.68	5.4	0.11	10.2	4.79	7.35	0.011	0.22	0.007	nd	nd	nd	0.026	0.021	0.555	nd	0.001	nd	nd	0.481	1.046		
23	426415.45	2782092.03	AGRICOLA OLACHEA	39	8.22	1.32	0	8.2	8	0.41	2.33	3.06	0.1	5.05	3.08	8	0.006	0.284	0.008	0.001	0	0.003	0.012	0.027	0.016	0.341	0.003	nd	nd	0.466	0.934		
24	435108.21	2757985.36	AGUSTIN OLACHEA	3	7.88	1.53	0.24	3.4	9.7	0.33	4.12	3.33	0.24	5.8	3.01	7.4	0.015	0.24	0.029	nd	nd	nd	0.027	0.026	0.726	nd	0.001	nd	nd	0.547	1.309		
25	433697.72	2757606.57	AGUSTIN OLACHEA	4	7.91	0.72	0.24	3.8	2.72	0.18	1.48	1.31	0.15	3.35	2.84	7.42	0.004	0.2	0.007	nd	nd	0.004	nd	0.017	0.016	0.249	0.004	0.001	nd	nd	0.498	0.24	
26	419866.09	2807724.41	ALVAREZ	1	8.02	1.192	0	4.83	4.66	1.75	0.83	1.32	0.06	9.56	9.22	6.05	0.033	0.622	0.0216	0.0044	0.002	0.005	0.0578	0.0424	0.0129	0.1133	0.0248	0.0025	nd	0.0012	0.0025	0.92	0.696
27	420795.69	2807267.92	ALVAREZ	2	8.24	3.8	0.56	2.4	23.6	4.47	8.54	9.6	0.13	20.4	6.77	10.4	0.024	2.022	0.006	nd	0	0.001	0.029	0.026	0.719	0.001	nd	0.009	nd	0.327	2.56		
28	416316.83	2806186.16	ALVAREZ	4	7.96	2.129	0	4.41	20.76	8.17	3.12	5.79	0.17	10.8	6.54	6.23	0.011	0.459	0.0213	0.0043	0.002	0.018	0.0471	0.0878	0.0226	0.4541	0.0214	0.0034	nd	0.0012	0.0017	0.308	1.059
29	419180.68	2807032.49	ALVAREZ	6	7.71	3.532	0	3.68	13.77	2.54	6.67	9.29	0.16	14.7	5.12	9.3	0.012	1.693	0.0159	0.019	0.002	0.008	0.0315	0.1238	0.0292	0.8776	0.0202	0.0026	nd	0.0012	0.0018	0.376	1.089
30	419786.81	2806253.06	ALVAREZ	7	8.01	1.58	0.48	4.8	8.54	2.27	2.37	3.8	0.12	8.85	5.04	8.25	0.01	0.49	0.022	nd	nd	nd	0.022	0.02	0.286	nd	0.001	0	nd	nd	0.394	0.937	
31	420805.19	2806219.54	ALVAREZ	8	8.44	2.07	0.72	3.1	12	3.18	2.8	5	0.17	11.6	5.87	8.19	0.018	0.786	0.013	nd	0	0.007	0.01	0.023	0.021	0.349	0.007	nd	nd	0.154	1.286		
32	422228.06	2806524.44	ALVAREZ	9	8.03	1.56	2.4	5.2	8.15	2.26	1.7	2.72	0.15	9.7	6.52	8.03	0.017	0.69	0.006	nd	nd	nd	0.018	0.018	0.222	nd	0.001	nd	0.001	0.001	0.417	0.821	
33	418635.92	2805271.62	ALVAREZ	12-nov	7.99	1.98	0.32	4	13.19	1.63	4.47	6.49	0.11	8.1	3.46	4.83	0.009	0.37	0.011	nd	nd	nd	0.026	0.019	0.464	nd	0.001	nd	nd	0.337	1.165		
34	422788.41	2805615.73	ALVAREZ	14	8	1.82	0.4	4.6	10.48	2.3	2.95	4.73	0.14	8.6	4.39	7.68	0.016	0.47	0.006	nd	nd	nd	0.024	0.018	0.316	nd	0.001	nd	nd	0.293	1.06		
35	421781.54	2804619.4	ALVAREZ	15	7.81	1.813	0	3.78	12.22	1.44	5.01	5.87	0.13	8.88	3.81	4.6	0.011	0.351	0.0152	0.002	0.001	0.018	0.0347	0.1085	0.016	0.4507	0.0128	0.0024	nd	0.001	0.0022	0.31	0.895
36	41510																																

68	428121.47	2800023.77	BUENOS AIRES	49	8.59	1.24	1.36	4	5.2	2.11	3.62	4.06	0.14	5.1	2.6	7.48	0.081	0.386	0.084	0.008	0.002	0.064	0.043	0.042	0.014	0.297	0.063	0.002	nd	nd	nd	0.266	0.173	
69	431262.13	2799739.97	BUENOS AIRES	52	8.19	4.9	0	3.8	35.6	3.99	23.63	14.1	0.33	8.8	2.03	6.82	0.081	0.509	0.118	0.007	0.008	0.038	0.038	0.073	0.031	1.531	0.038	0.001	nd	nd	nd	0.154	0.313	
70	432779.75	2799178.1	BUENOS AIRES	54	7.75	4.63	0	4.6	31.04	11.98	16.26	17.33	0.38	12.9	3.15	6.12	0.007	1.72	0.05	nd	nd	nd	nd	0.032	0.032	1.585	nd	0.002	nd	nd	nd	0.248	1.382	
71	412201.32	2823111.6	CHAMIZAL	4	7.96	0.78	0	4.4	2.7	0.78	1.64	2.51	0.05	2.6	1.8	2.17	0.011	0.26	0.167	nd	0.058	nd	0.072	0.019	0.007	0.15	nd	0.002	0.001	nd	nd	nd	0.239	0.358
72	413314.15	2823155.64	CHAMIZAL	5	8.26	1.76	0.88	3.4	14.82	2.33	2.98	7.54	0.1	7.1	3.1	5.73	0.023	0.52	0.632	nd	0.054	nd	0.258	0.025	0.012	0.432	nd	0.002	nd	nd	nd	0.029	1.226	
73	411236.78	2820292.58	CHAMIZAL	8	8.44	2.49	1	4	13.6	2.12	1.59	3.83	0.1	14.3	8.69	4.88	0.009	0.63	0.091	nd	nd	0.001	0.023	0.018	0.017	0.317	0.001	0.001	nd	nd	nd	0.377	1.23	
74	412761.04	2821829.69	CHAMIZAL	10	8.39	1.11	0.72	4.2	5.63	0.53	0.75	2.36	0.11	6.5	5.21	3.21	0.003	0.36	0.009	nd	nd	nd	nd	0.013	0.011	0.149	nd	0.001	nd	nd	nd	0.347	0.588	
75	416522.08	2799016.1	CHIHAUHAUA	1	8.78	1.08	1.44	4	12.4	0.9	0.84	1.45	0.15	7.95	7.43	3.9	0.016	0.428	0.033	0	nd	nd	0.02	0.014	0.011	0.181	nd	0.002	nd	nd	nd	0.573	0.283	
76	414546.86	2798209.54	CHIHAUHAUA	4	8.61	2.01	0.96	3	12	2.59	3.33	4.62	0.23	13.7	6.87	4.74	0.01	0.727	0.01	nd	nd	nd	nd	0.036	0.019	0.688	nd	0.001	nd	nd	nd	0.108	0.877	
77	413170.39	2799054.22	CHIHAUHAUA	4-A	8.02	1.66	0.32	4	9.89	1.45	2.66	4.14	0.16	8.1	4.39	5.66	0.009	0.4	0.129	nd	nd	nd	0.012	0.021	0.014	0.474	nd	0.001	nd	nd	nd	0.318	0.927	
78	431747.87	2784594.02	CUAUHTEMOC	1	8.19	1.11	0.48	4	5.24	0.69	2.32	3.06	0.19	4.9	2.99	5.2	0.016	0.29	0.018	nd	nd	nd	nd	0.021	0.018	0.425	nd	0.001	nd	nd	nd	0.275	0.631	
79	433943.55	2784995.99	CUAUHTEMOC	3	8.35	1.6	0.72	2.5	9.2	0.75	3.43	4.22	0.2	6.3	3.22	5.3	0.013	0.284	0.007	nd	0.002	nd	nd	0.028	0.015	0.437	nd	0.001	nd	nd	nd	0.254	0.995	
80	432835.31	2783846.41	CUAUHTEMOC	4	7.81	2.33	0	4.6	13.77	4.4	7.89	8.19	0.2	7	2.47	7.81	0.007	0.76	0.005	nd	nd	nd	nd	0.028	0.025	1.001	nd	0.001	nd	nd	nd	0.222	1.293	
81	433046.21	2782984.91	CUAUHTEMOC	6	7.93	1.35	0	5	7.37	0.85	4.69	4.13	0.15	4.6	2.19	6.25	0.018	0.3	0.204	nd	0.001	nd	0.028	0.024	0.017	0.418	nd	0.001	nd	nd	nd	0.099	0.664	
82	426600.13	278514.35	CUITLAHUAC	3	8.39	0.93	0.64	3.2	4	0.35	1.88	1.96	0.09	3.9	2.81	4.48	0.012	0.274	0.064	0.004	0.004	0.022	nd	0.021	0.015	0.252	0.021	0.002	nd	nd	nd	0.15	0.274	
83	423864.97	2777798.28	CUITLAHUAC	4	8.28	0.99	0.48	2.8	4	0.53	2.81	2.16	0.07	3.8	2.41	8.68	0.018	0.274	0.116	0.012	0.002	0.037	nd	0.021	0.015	0.25	0.037	0.007	0.002	nd	nd	0.213	0.278	
84	426574.73	2777679.43	CUITLAHUAC	6	8.25	1.03	0.16	2.6	4	1.55	2.76	1.97	0.09	3.8	2.47	25.1	0.36	0.271	0.213	0.001	0.006	0.011	nd	0.021	0.015	0.25	0.011	0.003	nd	nd	nd	0.232	0.462	
85	427456.78	2775821.13	CUITLAHUAC	10	8.25	0.78	0.48	3.8	3.1	0.31	1.94	1.97	0.05	2.7	1.93	10.8	0.011	0.23	0.039	nd	nd	nd	nd	0.019	0.014	0.218	nd	0	nd	nd	nd	0.116	0.362	
86	428853.9	2776172.76	CUITLAHUAC	12	7.86	1.42	0	4	8.15	0.86	4.58	4.26	0.11	4.05	1.93	7.6	0.025	0.25	0.05	nd	nd	nd	nd	0.025	0.02	0.455	nd	nd	nd	nd	nd	0.103	0.874	
87	424699.74	2775964.05	CUITLAHUAC	15	8.32	1.21	0.56	1.12	6.4	0.5	4	2.72	0.08	5.3	2.89	14.8	0.012	0.278	0.232	nd	0.002	0.006	0.009	0.023	0.018	0.356	0.006	0.002	nd	nd	nd	0.193	0.799	
88	426402.67	2775372.08	CUITLAHUAC	16	8.04	1.92	0	2.4	12	0.5	6.38	4.25	0.1	6.4	2.78	12.3	0.02	0.262	0.023	nd	0	0.001	nd	0.029	0.024	0.589	0.001	0.002	0.002	0	nd	0.202	1.226	
89	429203.05	2774422.63	CUITLAHUAC	19	7.92	1.69	0	3.4	10.86	1.1	5.13	5.23	0.12	5.2	2.28	5.55	0.008	0.34	0.044	nd	nd	nd	nd	0.026	0.022	0.615	nd	0.001	nd	nd	nd	0.075	1.321	
90	429980.19	2775302.09	CUITLAHUAC	20	8.12	0.93	0.52	4	4.66	0.47	1.62	1.8	0.09	6.7	5.12	9.75	0.018	0.3	0.095	nd	nd	nd	nd	0.017	0.016	0.22	nd	0.002	nd	nd	nd	0.186	0.498	
91	425496.07	2774501.26	CUITLAHUAC	23	7.92	2.9	0	3.2	20.4	1.31	12.85	7.71	0.13	7.6	2.37	5.85	0.009	0.301	0.064	0.001	0.001	0.001	nd	0.031	0.026	1.082	0.001	0.001	nd	nd	nd	0.43	1.775	
92	427301.92	2774610.27	CUITLAHUAC	24	7.92	3.65	0	2.6	27.2	1.23	15.06	8.35	0.19	11.3	3.3	10	0.016	0.34	0.038	0.001	0.001	0.006	nd	0.034	0.037	1.319	0.006	0.003	nd	nd	nd	0.145	1.786	
93	430021.43	2774397.25	CUITLAHUAC	27	7.88	1.26	0	3.8	7.37	0.43	2.41	2.68	0.14	6	3.76	6.28	0.005	0.3	0.064	nd	0.001	nd	nd	0.021	0.023	0.333	nd	0.001	0.002	nd	nd	0.05	0.837	
94	424182.99	2773495.67	CUITLAHUAC	28	8	1.96	0	3.4	11.2	1.81	6.57	4.85	0.1	7	2.93	16.8	0.012	0.335	0.137	0.001	0.002	0.004	0.073	0.028	0.023	0.624	0.003	0.003	nd	nd	nd	0.186	0.899	
95	425616.48	2773744.09	CUITLAHUAC	30	7.51	4.81	0	2.9	36.47	2.04	16.06	14.1	0.19	12.1	3.12	1.06	0.003	0.51	1.67	nd	0.007	nd	nd	0.033	0.042	1.894	nd	0	nd	nd	nd	0.091	2.585	
96	427124.69	2773636.4	CUITLAHUAC	31	7.67	3.91	0	2.7	30.07	0.42	11	9.88	0.28	13.2	4.09	7.28	0.01	0.42	0.347	nd	0.005	nd	nd	0.03	0.049	1.466	nd	0.002	nd	nd	nd	0.192	2.408	
97	429369.08	2773616.54	CUITLAHUAC	34	8.08	1.76	0	3.6	11.2	1.48	6.45	4.35	0.15	7.6	3.27	5.62	0.016	0.48	0.088	0	0.001	0.007	nd	0.026	0.026	0.529	0.007	0.002	nd	nd	nd	0.179	0.802	
98	426150.59	2772531.07	CUITLAHUAC	37	7.85	2.56	0	3.8	18.43	1.07	7	7.99	0.14	7.9	2.89	6.89	0.003	0.3	0.019	nd	nd	nd	nd	0.026	0.031	0.883	nd	0.001	nd	nd	nd	0.345	1.792	
99	427817.55	2772648.31	CUITLAHUAC	39	7.86	1.9	0	3.5	12.42	0.84	4.16	4.75	0.15	7.1	3.36	4.49	0.003	0.29	0.382	nd	0.007	0.014	0.015	0.024	0.029	0.649	0.014	0.002	nd	nd	nd	0.287	1.242	
100	423637.23	2771475.93	CUITLAHUAC	42	7.73	4.85	0	3.4	35.31	6.56	15.09	16.04	0.22	16.4	4.16	7.81	0.016	1.17	0.086	nd	nd	nd	nd	0.032	0.043	1.969	nd	0.001	nd	nd	nd	0.183	1.461	
101	425063.22	2771729.58	CUITLAHUAC	43	7.92	3.02	0	2.8	20.95	3.1	8.69	9.85	0.16	10.4	3.42	6.67	0.004	0.72	0.035	nd	nd	0.006	0.027	0.027	0.033	1.111	0.006	0	nd	nd	nd	0.328	1.679	
102	428141.19	2771647.97	CUITLAHUAC	46	8.02	1.66	0	3.2	10.4	0.76	5.36	3.94	0.14	6.8	3.15	2.15	0.014	0.349	0.043	nd	0	nd	nd	0.025	0.023	0.523	nd	0.002	nd	nd	nd	0.281	1.787	
103	429084.63	2771546.73	CUITLAHUAC	47	7.74	3.04	0	3.4	23.28	0.6	9.49	8.81	0.23	9.95	3.29	7.03	0.011	0.35	0.012	nd	nd	nd	nd	0.029	0.036	1.32	nd	0.001	nd	nd	nd	0.23	1.984	
104	423987.39	2770527.81	CUITLAHUAC	49	7.81	4.17	0	3.4	34.92	2.14	13.31	14.41	0.1	10.2	2.74	6.97	0.005	0.37	0.026	nd	nd	nd	nd	0.032	0.041	1.92	nd	0.001	nd	nd	nd	0.095	2.409	
105	424976.8	2770596.11	CUITLAHUAC	50	7.9	6.9	0	2.4	48.4	3.15	27.33	16.02	0.26	16.7	3.59	6.59	0.019	0.573	0.161	0.004	0.002	0.013	nd	0.036	0.05	2.365	0.013	0.003	nd	nd	nd	0.256	0.545	
106	425831.13	2770439.36	CUITLAHUAC	51	7.76	4.31	0	3	32.59	3.33	11.66	12.28	0.2	10.4	3.01	8.9	0.015	0.45	0.022	nd	nd	nd	nd	0.033	0.04	1.835	nd	0	nd	nd	nd	0.252	1.98	
107	427013.02	2770180.45	CUITLAHUAC	52	8.46	2.26	1.04	3	17.6	1.29	9.21	6.86	0.14	7	2.47	4.53	0.015	0.373	0.041	0	0.001	0.036	nd	0.028	0.026	0.838	0.036	0.002	nd	0	nd	0.209	0.849	
108	432357.91	2779837.66	DEL NORTE	5	7.93	1.3	0.32	4.2	6.21	0.32	5.02	4.14	0.06	1.3	0.67	2.07	0																	

138	412246.16	2772531.54	EJIDO MATANCITAS	F-13	8.5	1.35	0.64	3	6.4	1.34	2.79	3.83	0.07	5.6	3.08	8.25	0.017	0.421	0.471	nd	0.007	nd	nd	0.021	0.017	0.347	nd	nd	nd	nd	N/A	N/A	
139	414618.59	2770869.69	EJIDO MATANCITAS	F-15	8.46	1.59	1.12	3.6	8	1.23	3.33	4.16	0.09	8	4.13	10.7	0.012	0.397	0.125	nd	0.008	nd	0.082	0.025	0.021	0.36	nd	0.001	nd	nd	nd	0.26	0.59
140	438973.43	2772689.56	EL VALLECITO	S/N	7.74	2.34	0	3.2	15.91	1.53	9.33	6.39	0.22	9.4	3.35	14.6	0.011	0.34	0.033	nd	nd	nd	0.031	0.03	0.995	nd	0.001	0.001	nd	nd	0.225	1.567	
141	438567.71	2755585.18	EL VERGEL	1	7.86	1.71	0	4.2	7.2	2.41	4.95	3.19	0.18	8.7	4.31	5.5	0.02	1.25	0.011	nd	0	nd	0.012	0.025	0.032	0.691	nd	nd	nd	nd	0.5	0.429	
142	440063.01	2756051.87	EL VERGEL	3	7.9	1.3	0	4.4	6.8	0.54	2.27	1.67	0.15	10.4	7.41	5.42	0.026	1.015	0.033	nd	0.001	nd	0.038	0.02	0.028	0.36	nd	0.001	nd	nd	0.532	0.421	
143	438477.77	2758310.36	EL VERGEL	22	7.79	2.37	0	3.4	15.2	1.03	9.17	4.89	0.28	9.8	7.7	8.52	0.02	0.562	0.022	nd	0.001	0.004	nd	0.027	0.033	1.004	0.004	0.003	nd	0.001	nd	0.381	1.333
144	437999.62	2759604.96	EL VERGEL	24	8.2	1.04	0	3.8	5.2	0.32	2.76	1.64	0.17	5.1	3.44	8.73	0.019	0.272	0.017	nd	0.001	0.007	0.001	0.022	0.021	0.387	0.007	0.003	nd	0	0.501	0.228	
145	439223.54	2759295.91	EL VERGEL	25	7.9	1.05	0	4	4	0.47	2.34	1.53	0.16	5.7	4.1	7.61	0.026	0.541	0.054	0.33	0.001	0.019	0.031	0.022	0.022	0.345	0.019	0.003	0.012	nd	0.579	0.279	
146	442185.83	2761411.13	EL VERGEL	28	8.14	1.64	0	4.6	10	0.62	4.96	3.31	0.22	7.55	3.71	6.68	0.018	0.962	0.055	0.004	0.002	0.002	0.089	0.026	0.029	0.637	0.002	0.001	nd	nd	0.378	0.524	
147	430498.31	2769455.25	EMILIANO ZAPATA	03-feb	7.96	4.8	0.72	1.4	38.4	2.62	25.3	14.21	0.41	12	2.7	8.92	0.01	0.558	0.08	0.001	0.019	0.119	0.014	0.065	0.055	2.59	0.119	nd	nd	0.219	0.721		
148	429528.1	2769380.23	EMILIANO ZAPATA	18-mar	7.8	2.06	0	3.4	14.74	1.02	6.44	6.22	0.2	5.95	2.36	5.29	0.001	0.32	0.014	nd	nd	0.004	nd	0.029	0.028	0.978	0.004	0.001	nd	nd	0.473	1.381	
149	427897.89	2769527.55	EMILIANO ZAPATA	5	8.38	1.26	1.04	2.6	7.2	0.7	4.19	3.64	0.13	4.4	2.22	4.52	0.017	0.286	0.01	0.001	nd	0.007	0.008	0.041	0.021	0.51	0.007	nd	nd	0	0.454	0.556	
150	426490.74	2769077.13	EMILIANO ZAPATA	6	7.91	4.9	0	2	36.8	5.44	24.14	13.85	0.27	12.45	2.86	10.3	0.011	1.03	0.535	0.02	0.039	0.298	0.025	0.059	0.044	1.979	0.298	0.006	nd	nd	0.278	0.912	
151	425516.58	2769645.15	EMILIANO ZAPATA	7	7.94	4.37	0	3.6	32.8	3.78	19.15	12.94	0.23	12.4	3.1	7.61	0.016	0.792	0.084	nd	0.001	0.01	0.149	0.058	0.041	1.844	0.01	nd	nd	0.302	1.146		
152	424699.9	2768923.34	EMILIANO ZAPATA	8	7.78	2.14	0	3.6	13.58	2.04	5.39	6.06	0.12	5.9	2.47	4.56	0.01	0.46	0.294	nd	0.001	nd	0.129	0.029	0.027	0.869	nd	0.001	nd	nd	0.417	1.195	
153	422891.26	2768621.72	EMILIANO ZAPATA	11	7.6	3.78	0	3.2	28.32	2.67	11.07	12.18	0.19	8.6	2.52	4.86	0.002	0.37	0.116	nd	nd	0.003	nd	0.033	0.041	1.861	0.003	0.001	nd	nd	0.144	2.161	
154	428845.24	2768522.66	EMILIANO ZAPATA	17	8.07	2.99	0	3.2	21.2	1.53	11.95	8.39	0.27	8.9	2.79	5.57	0.011	0.459	0.241	0.002	0.003	0.013	0.031	0.056	0.039	1.46	0.013	nd	nd	0.35	1.508		
155	422858.48	2770244.12	EMILIANO ZAPATA	21	8.47	1.43	1.36	2.8	8	0.8	2.65	3.47	0.12	6.2	3.54	4.77	0.017	0.384	5.061	0.025	0.052	0.015	4.758	0.047	0.026	0.541	0.015	0.003	nd	nd	0.369	0.419	
156	420478.57	2770291.16	EMILIANO ZAPATA	23	8.02	1.26	0.32	4.1	6.6	0.89	2.57	3.38	0.09	5	2.9	4.68	0.007	0.27	0.016	nd	nd	nd	nd	0.021	0.022	0.423	nd	0.001	nd	nd	0.516	0.669	
157	419849.95	2766476.35	EMILIANO ZAPATA	24-A	7.86	2.26	0	3.7	14.36	1.91	5.99	7.33	0.14	6.3	2.44	4.73	0.014	0.28	0.016	nd	nd	nd	nd	0.026	0.033	1.127	nd	0	nd	nd	0.201	1.358	
158	420709.25	2767684.29	EMILIANO ZAPATA	24	8.03	1.35	0.24	3.8	7.76	0.96	3.15	3.83	0.1	5	2.68	3.24	0.012	0.21	0.009	nd	nd	0.006	nd	0.022	0.022	0.509	0.006	0.001	nd	nd	0.49	0.737	
159	423006.17	2784434.59	FDO.DE LA TOBA	1	7.86	1.23	0	4	15.6	1.26	9.18	6.24	0.23	7.4	2.67	6.34	0.015	0.344	3.081	0.097	0.023	0.006	0.241	0.033	0.025	0.907	0.006	0.001	nd	nd	0.215	0.843	
160	422621.03	2786381.59	FDO.DE LA TOBA	10	7.94	1.61	0	3.6	18	1.43	9.07	7.67	0.29	10.6	3.66	5.64	0.01	0.407	0.01	0.003	0	0.002	0.008	0.032	0.024	0.878	0.002	0	nd	nd	0.131	0.946	
161	426225.12	2786603.5	FDO.DE LA TOBA	13	8.38	1.76	1.16	4.8	11.45	1.07	3.8	4.93	0.24	8	3.83	4.11	0.093	0.3	0.048	nd	nd	0.017	nd	0.025	0.017	0.595	0.016	0.001	0.002	nd	0.391	1.078	
162	420393.64	2795652.41	FDO.DE LA TOBA	130	8.56	1.48	0.12	4.2	7.6	1.02	1.37	2.43	0.19	7.4	5.37	3.3	0.013	0.549	0.295	0.005	0.004	0.002	0.302	0.021	0.018	0.274	0.002	0	nd	nd	0.544	0.93	
163	421421.09	2795824.19	FDO.DE LA TOBA	131	7.83	3.23	0	4.2	20.95	3.99	6.07	8.81	0.29	14.1	5.17	6.43	0.006	0.72	0.014	nd	nd	0.001	nd	0.028	0.024	1.176	0.001	0.001	nd	nd	0.412	1.822	
164	422874.51	2795472.24	FDO.DE LA TOBA	132	8.37	2.17	0.92	3.2	12.8	2.3	3.31	5.19	0.31	10.5	5.09	6.41	0.006	0.703	0.231	0.003	0.016	0.004	0.274	0.028	0.027	0.507	0.004	0	nd	nd	0.356	1.577	
165	423917.24	2794664.42	FDO.DE LA TOBA	138	7.82	2.53	0	4.5	16.68	3.31	5.6	7.78	0.32	10.8	4.18	4.6	0	0.39	0.013	nd	nd	nd	nd	0.028	0.019	0.852	nd	0.001	nd	nd	0.282	1.464	
166	422443.74	2796927.97	FDO.DE LA TOBA	139	8.13	2.57	0	3.8	16.8	1.87	5.75	6.85	0.3	10.1	4.02	4.04	0.005	0.411	0.043	0.005	0.001	0.007	0.027	0.033	0.02	0.655	0.007	0	nd	nd	0.325	2.069	
167	421902.59	2795669.67	FDO.DE LA TOBA	140	8.02	3.71	0	3.6	2.4	6.58	11.4	9.7	0.35	14.6	4.49	6.28	0.006	0.929	0.187	0.004	0.002	0.005	0.141	0.037	0.023	1.25	0.005	0	nd	nd	0.348	2.707	
168	419917.83	2796842.61	FDO.DE LA TOBA	142	7.88	1.73	0	4.6	10.48	1.23	2.98	4.68	0.21	9.1	4.65	4.29	0.002	0.34	0.015	nd	nd	nd	nd	0.006	0.024	0.014	0.523	nd	0	nd	nd	0.481	8.88
169	418457.72	2796820.84	FDO.DE LA TOBA	144	8.62	1.29	1.08	4.2	6.4	1.19	1.44	2.21	0.15	7	5.18	3.45	0.013	0.461	0.028	0.003	0.001	0.03	0.041	0.02	0.012	0.264	0.03	0	nd	nd	0.544	0.74	
170	418750.82	2795874.92	FDO.DE LA TOBA	143	8.66	1.52	1.2	4	5.2	11.3	1.74	2.49	0.15	8.4	5.78	4.06	0.004	0.532	0.021	0.002	0.001	0.018	0.071	0.021	0.016	0.299	0.018	0.001	nd	nd	0.561	1.001	
171	418341.93	2794743.26	FDO.DE LA TOBA	145	8.08	1.178	0	4.83	5.63	1.04	1.04	2.06	0.18	9.78	7.86	2.78	0.012	0.431	0.0787	0.0026	0.005	0.017	0.0355	0.044	0.0137	0.2387	0.0228	0.0036	0.0043	nd	0.0022	0.535	0.554
172	428845.24	2768522.66	FDO.DE LA TOBA	17	8.08	1.54	0.44	3.2	9.31	1.15	3.27	4.45	0.21	6.8	3.46	5.63	0.01	0.429	0.025	nd	nd	nd	nd	0.024	0.018	0.589	nd	0.001	nd	nd	0.375	0.89	
173	423957.18	2784829.29	FDO.DE LA TOBA	2	8.02	2.41	0	4	10	0.54	5.35	4.42	0.18	6.1	2.79	5.72	0.008	0.325	0.897	0.004	0.008	nd	0.053	0.027	0.02	0.531	nd	0.004	nd	nd	0.33	0.601	
174	423175.98	2787435.35	FDO.DE LA TOBA	20	8.59	2.52	0.96	4	8.8	0.59	2.75	3.06	0.21	8.4	4.93	5.92	0.022	0.381	0.174	0.021	0.004	0.001	0.105	0.023	0.017	0.378	0.001	0	nd	nd	0.39	3.889	
175	425286.92	2787514.49	FDO.DE LA TOBA	22	8.02	2.12	0.4	3.6	14.16	1.77	4.48	6.29	0.28	9.6	4.14	4.48	0.003	0.36	0.121	nd	0.004	0.006	nd	0.026	0.019	0.758	0.006	0.002	nd	nd	0.345	1.28	
176	428258.98	2787460.49	FDO.DE LA TOBA	25	7.14	1.08	0.4	4.6	5.43	0.47	1.53	2.27	0.15	6	4.35	3.24	0.011	0.29	0.028	nd	nd	0.001	nd	0.015	0.011	0.255	0.001	0.002	nd	nd	0.498	0.323	
177	429315.81	2787048.99	FDO.DE LA TOBA	26	8.58	1.49	1.04	3.8	7.2	0.44	1.32	1.86	0.16	4.8	3.81	3.69	0.011	0.32	0.434	nd	0.007	nd	0.017	0.017	0.013	0.28	nd	0.002	nd	nd	0.495	0.453	
178	430480.32	2786807.62	FDO.DE LA TOBA	28	8.39	1.01	0.72	1.44	8.8	0.55	2.15	2.94	0.18	5.4	3.39	3.51	0.004																

208	425290.32	2793686.5	FDO.DE LA TOBA	79	7.78	2.95	0	4.6	20.56	2.11	5.38	8.85	0.33	12.6	4.72	5.4	0	0.29	0.014	nd	nd	0.003	nd	0.028	0.02	0.957	0.003	0.002	nd	0	nd	0.294	1.77
209	428155.3	2785033.42	FDO.DE LA TOBA	8	7.82	1.19	0	3.6	6.21	0.38	2.49	2.74	0.18	5.5	3.4	4.77	0.011	0.24	0.017	nd	nd	nd	nd	0.021	0.016	0.408	nd	0	nd	nd	0.469	0.574	
210	426309.73	2793578.54	FDO.DE LA TOBA	80	7.88	1.18	0	5	5.43	0.58	1	1.93	0.19	7.8	6.44	3.23	0.012	0.25	0.466	0.082	0.01	0.004	nd	0.014	0.014	0.196	0.004	0.001	0.003	nd	0.413	0.522	
211	427317.58	2793546.89	FDO.DE LA TOBA	81	8.56	1.89	1.12	3.6	13.19	1.36	2.61	5.58	0.28	11.1	5.49	4.87	0.02	0.44	0.11	0.002	0.002	0.008	0.023	0.021	0.016	0.133	0.008	nd	nd	0.506	0.758		
212	428296.12	2793244.25	FDO.DE LA TOBA	82	8	1.38	0.04	4.8	7.76	0.9	1.41	2.71	0.22	8.55	5.96	3.63	0.013	0.45	nd	nd	nd	0	nd	0.024	0.017	0.532	0	0.006	0.022	nd	0.319	1.092	
213	429446.74	2793523.01	FDO.DE LA TOBA	83	8.52	1.3	0.64	4	7.37	0.74	1.26	2.43	0.2	8.3	6.11	3.31	0.055	0.43	nd	nd	nd	0.002	nd	0.017	0.013	0.259	0.002	0.022	0.035	nd	0.401	0.672	
214	432518.04	2792694.1	FDO.DE LA TOBA	86	8.12	1.78	0	3.4	16.8	0.66	4.61	5.26	0.28	10.6	4.77	3.95	0.007	0.499	1.484	2.252	nd	0.007	7.466	0.017	0.014	0.245	0.007	nd	nd	0.428	0.738		
215	433731.36	2793097.23	FDO.DE LA TOBA	87	8.03	2.24	0	3.4	12	1.69	3.87	4.68	0.21	8.2	3.97	4.42	0.009	0.501	0.161	0.002	0.002	0.005	0.155	0.028	0.019	0.572	0.005	0	nd	0.38	0.846		
216	432180.11	2791133.13	FDO.DE LA TOBA	88	8.09	1.92	0	3.8	6	0.69	1.15	1.79	0.17	6.2	5.11	3.13	0.032	0.408	0.924	0.039	0.015	0.011	1.443	0.028	0.015	0.501	0.011	0.003	nd	0.323	0.559		
217	432321.98	2791106.37	FDO.DE LA TOBA	89	8	1.07	0.64	4	5.04	0.63	0.87	1.47	0.17	7.2	6.66	3.16	0.023	0.36	0.012	0.001	0	0.005	0.016	0.016	0.011	0.205	0.005	0	nd	0.427	0.271		
218	423183.42	2793839.31	FDO.DE LA TOBA	FRACC. 77	8.34	2.33	0.4	3.8	15.52	2.4	3.64	6.36	0.31	12.5	5.59	4.7	0.007	0.6	0.014	nd	nd	nd	nd	0.012	0.01	0.175	nd	nd	nd	0.414	0.469		
219	424797.64	2807590.45	GALEANA	7	8.43	2.84	0.8	3.6	17.2	3.09	4.88	5.75	0.11	17.4	7.55	9.31	0.012	0.884	0.08	nd	0.004	0.032	nd	0.025	0.019	0.645	0.032	0.002	nd	0.344	1.468		
220	425899.08	2808030.5	GALEANA	8	8.75	1	1.24	2.48	3.6	1.07	0.22	0.97	0.06	7.6	9.86	7.43	0.016	0.678	0.026	0.006	0.001	0.009	0.031	0.027	0.021	0.405	0.009	0	nd	0.597	0.9		
221	428188.74	2806344.37	GALEANA	10	8.6	1.51	1.08	2.16	6	2.1	2.01	1.99	0.06	10.9	7.7	8.82	0.01	0.719	0.454	0.004	0.006	0.019	0.235	0.011	0.011	0.078	0.019	0	nd	0.685	0.131		
222	424337.73	2806253.79	GALEANA	11	8.21	2.25	0	4.8	12.8	3.09	3.69	4.91	0.12	13.2	6.36	11.4	0.008	0.926	0.017	0.003	0	0.007	0.027	0.026	0.021	0.349	0.007	nd	nd	0.188	1.379		
223	425273.24	2810341.02	GALEANA	15-A	8.17	1.02	0.92	4.2	3.88	0.35	2.09	2.73	0.08	4.6	2.96	10.9	0.009	0.26	nd	nd	nd	nd	0.02	0.01	0.225	nd	0.027	0.05	nd	0.45	0.512		
224	424252.52	2805170.69	GALEANA	S/N	8.2	2.41	0	4.2	14	3.27	6.13	6.74	0.1	8.8	3.47	6.68	0.008	0.536	0.22	0.002	0.002	0.007	0.241	0.032	0.021	0.439	0.007	0	nd	0.175	1.55		
225	425782.26	2806594.66	GALEANA	12	8.67	1.56	0	4.8	6.4	1.76	1.97	2.25	0.08	10.2	7.02	10.2	0.024	0.815	0.01	0.004	0.013	0.014	0.005	0.019	0.016	0.179	0.014	nd	0.003	0	nd	0.459	0.755
226	426817.38	2806569.05	GALEANA	13	8.01	1.77	0.56	5	10.09	1.32	2.2	2.65	0.07	11.4	7.33	12.6	0.019	0.65	0.001	nd	nd	nd	0.02	0.02	0.018	0.212	nd	nd	nd	0.407	0.925		
227	429980.09	2805184.93	GALEANA	15	8.31	1.59	0.64	2.2	8.4	2.18	4.51	4.46	0.07	5.6	2.64	6.02	0.007	0.526	0.015	0.002	0	0.009	0.015	0.03	0.017	0.284	0.009	0	0.003	nd	0.189	0.954	
228	425276.75	2805467.4	GALEANA	16	8.32	2.11	0.72	2.6	9.2	2.41	3.88	5.24	0.1	9.5	4.45	8.02	0.007	0.621	0.01	0.001	0	0.022	0	0.029	0.018	0.339	0.022	0	0.005	nd	0.143	1.268	
229	428586.94	2803125.63	GALEANA	22	7.44	4.29	0	3.4	33.37	3.73	16.06	13.33	0.17	9	2.35	9.7	0.01	0.46	nd	nd	nd	0.001	nd	0.037	0.028	1.159	0.001	0.006	0.02	nd	0.147	1.181	
230	429811.97	2803118.21	GALEANA	23	7.97	2.87	0	2.8	16.8	3.81	12.86	8.15	0.11	6.7	2.07	9.79	0.005	0.582	0.056	0.001	0.001	0.02	0.059	0.036	0.02	0.661	0.02	0.001	nd	0.221	2.14		
231	428194.61	2802143.66	GALEANA	27	7.93	0.9	0	4	3.49	0.87	1.87	2.29	0.12	4.1	2.84	5.89	0.02	0.27	nd	nd	nd	0.002	nd	0.019	0.013	0.18	0.002	0.026	0.058	nd	0.353	0.426	
232	429854.31	2802047.49	GALEANA	28	7.78	2.51	0	5.2	18	5.55	10.9	7.56	0.14	6.8	2.24	7.89	0.01	0.574	0.033	0.004	0.001	0.028	0.024	0.033	0.019	0.602	0.028	nd	nd	0.285	1.321		
233	430754.24	2800492.3	GALEANA	34	7.73	5.43	0	4.2	36.8	11.6	26.19	16.62	0.17	9.6	2.08	9.87	0.012	1.59	0.326	0.003	0.002	0.01	0.015	0.039	0.028	1.257	0.01	nd	nd	0.133	0.736		
234	432223.48	2800151.19	GALEANA	35	8.2	2.36	0	5	12	4.69	9.37	8.77	0.12	5.1	1.69	9.93	0.016	0.534	0.128	0	0.004	0.003	nd	0.032	0.021	0.556	0.003	nd	0.027	nd	0.268	1.15	
235	430797.31	2803549.41	GALEANA	37	8.17	1.82	0	3.8	11.2	0.97	7.86	5.49	0.09	4.4	1.7	6.67	0.009	0.236	0.01	0.001	0	0	0	0.027	0.015	0.333	0	0.001	0.024	0	0.219	0.332	
236	431664.91	2803562.07	GALEANA	40	7.71	1.79	0	4.2	11.55	0.98	5.9	5.24	0.09	4.2	1.78	9.17	0.005	0.2	nd	nd	nd	0.029	nd	0.032	0.015	0.401	0.028	0.024	0.088	nd	0.2	1.104	
237	421599.33	2773290.64	GALLO LOCO	1	8.42	0.6	0.72	4.5	1.25	0.23	1.22	1.42	0.05	3	2.61	4.39	0.017	0.21	0.363	0.117	0.001	0.002	0.626	0.016	0.017	0.187	0.002	nd	nd	0.377	0.263		
238	423089.37	2773380.96	GALLO LOCO	2	7.97	0.744	0	4.41	2.52	0.45	1.06	1.09	0.08	6.1	5.89	7.56	0.013	0.223	1.137	0.042	0.038	0.032	0.4851	0.0751	0.0175	0.2993	0.0156	0.0042	0.0033	nd	0.0031	0.464	0.542
239	420834.69	2772518.35	GALLO LOCO	3	8.65	0.69	1.2	2.4	2	0.38	0.78	1.81	0.15	3	2.64	5.56	0.017	0.209	1.382	0	0.013	nd	1.411	0.019	0.014	0.181	nd	nd	nd	0.383	1.668		
240	422318.38	2773069.49	GALLO LOCO	4	8.55	0.85	0.96	3.4	2.4	0.35	1.71	2.36	0.06	3.1	2.17	13.5	0.02	0.192	0.024	nd	0.017	nd	nd	0.019	0.013	0.224	nd	0.002	nd	0.362	0.327		
241	416635.95	2770442.06	GUADALAJARA	1	8.47	1.23	0.8	3.6	6	0.95	2.53	2.91	0.1	6.8	4.17	6.57	0.017	0.326	0.056	nd	nd	nd	0.096	0.026	0.019	0.324	nd	nd	nd	0.268	0.448		
242	415476.34	2771590.13	GUADALAJARA	2-A	8.06	2.81	0	3.4	16.8	2.24	9.5	7.84	0.12	11	3.74	7.99	0.012	0.407	0.115	0.016	nd	nd	0.106	0.04	0.036	0.988	nd	nd	nd	0.174	2.152		
243	418622.55	2768959.34	GUADALAJARA	7	7.97	3.23	0	3.6	23.2	3.05	11.86	9.1	0.17	12.1	3.74	6.05	0.016	0.624	0.015	nd	nd	0.006	nd	0.044	0.038	1.254	0.006	nd	nd	0.118	1.905		
244	419490.39	2767642.24	GUADALAJARA	9	8.42	1.42	0.8	3.6	8	1.1	3.87	3.74	0.11	6.3	3.23	4.05	0.011	0.326	0.065	0.023	nd	nd	0.014	0.03	0.024	0.463	nd	nd	nd	0.265	0.473		
245	417678.24	2767195.92	GUADALAJARA	13	8.37	1.48	0.76	3.4	8.4	1.36	3.77	3.78	0.12	7	3.6	3.64	0.018	0.374	0.009	nd	nd	nd	0.007	0.029	0.024	0.463	nd	nd	nd	0.23	0.579		
246	416212.12	2766940.73	GUADALAJARA	20	8.12	3.47	0	0	23.6	3.34	11.21	10.01	0.18	8.6	2.64	3.47	0.018	0.494	0.109	nd	nd	nd	0.05	0.048	0.043	0.445	nd	nd	nd	0.115	2.043		
247	418675.54	2766845.41	GUADALAJARA	20-A	8.3	1.99	0.68	2.7	12.8	1.56	5.58	5.81	0.13	21.6	0.95	3.71	0.019	0.407	0.054	nd	0.013	0.021	0.139	0.032	0.028	1.498	0.021	nd	0.134	0.855			
248	431771.1	2767107.38	GUANAJUATO	2	7.97	3.15	0	2.6	22	1.41	15.19	7.79	0.26	9.2	2.71	8.05	0.013	0.272	0.044	0.001	nd	nd	0.024	0.049	0.039	1.614	nd	nd	nd	0.249	1.248		
249	429581.95	2767093.42	GUANAJUATO	4	7.88	2.09	0	3.3	14.74	0.55	6.63	6.21	0.21	6.45	2.55	8.14</																	

278	420811.58	2808268.03		JALUSCO	C6-MZA.Q	8.75	1.38	1.36	2.72	6.4	1.46	1.1	1.66	0.06	9.6	8.17	5.21	0.02	0.835	0.093	nd	nd	0.002	0.001	0.017	0.015	0.014	0.12	0.001	nd	0.032	nd	nd	0.508	0.661
279	414935.4	2812345.98		JALUSCO	2	8.25	1.6	0.48	4.6	9.7	1.49	3.75	4.61	0.12	7.3	3.57	10.6	0.006	0.43	nd	nd	0.012	nd	nd	0.026	0.017	0.377	nd	0.043	0.126	0.003	nd	0.348	0.998	
280	422101.81	2811941.36		JALUSCO	C6-MZA.C	8.5	1.04	1.04	5	5.04	0.74	2.07	2.8	0.08	5.3	3.39	7.31	0.023	0.43	0.123	nd	0.022	0.042	nd	0.02	0.013	0.262	0.042	nd	nd	nd	nd	0.403	0.458	
281	436450.3	2802389		L.F.A. NO. 1	1-B	7.8	1.03	0	4.8	4.66	0.86	3.19	2.52	0.06	4.2	2.49	4.9	0.007	0.27	nd	nd	0.002	0.002	nd	0.021	0.013	0.118	0.001	0.008	0.023	0.002	nd	0.299	0.475	
282	434692.29	2803393.9		L.F.A. NO. 1	7	7.96	1.32	0	4.4	18.15	0.91	3.49	2.88	0.06	4.8	2.69	5.11	0.02	0.23	nd	nd	nd	nd	0.026	0.016	0.189	nd	0.043	0.125	nd	nd	0.257	0.782		
283	439055.07	2802384.18		L.F.A. NO. 1	8	7.95	2	0	3.6	8.14	0.91	3.41	8.6	6.01	0.05	3.2	1.18	9.12	0.004	0.22	nd	nd	0.038	0.004	nd	0.034	0.019	0.356	0.004	0.01	0.032	nd	nd	0.103	1.51
284	438168	2802155.56		L.F.A. NO. 1	9	7.76	2.23	0	4.6	15.91	1.92	10.5	6.99	0.06	3.5	1.18	14.5	0.02	0.22	nd	nd	nd	0.001	nd	0.036	0.023	0.372	0	0.006	0.019	nd	nd	0.169	1.451	
285	436571.83	2801540.15		L.F.A. NO. 1	9-B	7.79	2.18	0	6.2	15.52	1.59	8.17	7.25	0.07	3.5	1.26	12.7	0.006	0.22	nd	nd	nd	0.009	nd	0.035	0.021	0.352	0.009	0.016	0.048	nd	nd	0.195	1.216	
286	437364.22	2801628.11		L.F.A. NO. 1	10	7.62	1.9	0	6.2	10.86	1.5	8.4	6.37	0.05	3.6	1.32	14.7	0.034	0.28	nd	nd	0.005	0.011	nd	0.035	0.022	0.298	0.011	0.008	0.019	0.015	nd	0.173	1.003	
287	433876.25	2800973.37		L.F.A. NO. 1	31	7.7	1.06	0	5.6	4.66	0.79	4.53	3.76	0.05	2.3	1.13	7.09	0.006	0.23	nd	nd	nd	nd	0.028	0.015	0.177	nd	nd	0.004	nd	nd	0.218	0.451		
288	432941.2	2801517.17		L.F.A. NO. 1	35-B	7.79	1.51	0	5.4	8.92	1.42	6.44	5.03	0.06	3.7	1.55	8.06	0.017	0.48	nd	nd	nd	0.007	nd	0.031	0.017	0.256	0.007	0.022	0.062	nd	nd	0.158	0.762	
289	432841.16	2802963.31		L.F.A. NO. 1	46	7.57	1.66	0	5	9.7	2.17	6.55	4.68	0.06	4.75	2.01	8.47	0.006	0.52	nd	nd	nd	0.002	nd	0.031	0.018	0.261	0.002	0.017	0.049	nd	nd	0.256	0.839	
290	420955.48	2814472.15		L.F.A. NO. 1	507-3	8.12	1	0.64	4.6	5.04	0.51	1.31	2.22	0.08	5.4	4.07	2.87	0.018	0.33	nd	nd	0.005	0.012	nd	0.015	0.014	0.177	0.012	0.042	0.067	0.039	nd	0.471	0.506	
291	420123.6	2812490.51		L.F.A. NO. 1	8-B	8.26	2.83	1.12	4.2	21.34	3.87	5.97	10.05	0.08	10.4	3.67	5.13	0.006	0.74	0.573	nd	0.016	0.001	nd	0.032	0.021	0.781	0.001	nd	0.009	nd	nd	0.387	1.723	
292	421094.66	2814316.28		L.F.A. NO. 1	10-B	8.5	1.38	1.2	4.2	8.92	0.59	2.49	3.69	0.14	6.8	3.87	5.37	0.022	0.36	nd	nd	0.005	0.012	nd	0.023	0.017	0.29	0.012	0.058	0.135	0.071	nd	0.467	0.697	
293	420914.49	2812808.14		L.F.A. NO. 1	19-85	8	1.78	0.24	5.2	11.64	1.42	3.49	6.4	0.11	6.8	3.06	3.55	0.006	0.37	0.428	0.123	0.011	0.029	0.188	0.026	0.017	0.441	0.029	0.001	0.002	nd	nd	0.439	0.941	
294	437219.33	2792997.53		L.F.A. NO. 2	11	7.86	2.92	0	4.6	22.12	3.1	5.64	8.21	0.32	13.2	5.02	4.26	0.021	0.59	0.169	0.021	nd	0.001	0.127	0.031	0.02	0.895	0.001	nd	nd	nd	nd	0.353	2.034	
295	437347.34	2791643.46		L.F.A. NO. 2	11-B	8.05	1.52	0	4.6	9.31	1.44	2.29	3.33	0.19	8.4	5.01	3.21	0.006	0.33	0.086	nd	0.011	0.074	0.022	0.014	0.373	0.011	nd	nd	nd	nd	0.455	0.861		
296	437515.41	2794109.7		L.F.A. NO. 2	13	7.83	3.21	0	5	23.67	4.44	7.95	10.46	0.33	11.2	3.69	3.71	0.017	0.84	nd	nd	0	0	nd	0.035	0.021	1.126	0	0.005	0.016	nd	nd	0.374	1.973	
297	439528.98	2795263.3		L.F.A. NO. 2	13-B	7.82	1.98	0	5	12.8	3.18	4.42	6	0.22	8.2	3.59	4	0.009	0.52	4.131	nd	0.034	0.049	0.155	0.046	0.015	0.654	0.049	0.002	nd	nd	nd	0.463	1.186	
298	434877.55	2792937.85		L.F.A. NO. 2	14	8.28	1.45	0	4.2	8	0.85	2.03	2.73	0.24	8.3	3.38	3.81	0.016	0.447	0.045	nd	0.007	0.044	0.026	0.012	0.261	0.007	nd	nd	nd	nd	0.272	0.281		
299	436400.3	2791346.42		L.F.A. NO. 2	14-B	8.16	1.39	0.48	4.4	8.92	0.87	1.95	2.67	0.23	8.4	5.53	3.12	0.019	0.35	4.047	nd	0.088	0.297	1.741	0.028	0.013	0.355	0.297	0.004	nd	nd	nd	0.451	0.911	
300	436538.1	2792690.03		L.F.A. NO. 2	15	8.13	2.05	0	4	12	2.26	4.88	5.02	0.3	9.6	4.31	4.07	0.02	0.479	0.056	nd	0	0.06	0.062	0.043	0.014	0.549	0.06	nd	nd	nd	nd	0.246	0.488	
301	438324.05	2791709.73		L.F.A. NO. 2	33	8	1.18	0.32	4.6	6.98	0.73	1.42	2.08	0.18	7	5.29	0.93	0.006	0.31	0.132	0.055	0.003	0.021	0.099	0.019	0.009	0.247	0.021	0.001	nd	nd	nd	0.322	0.778	
302	435501.74	2794183.76		L.F.A. NO. 2	38	8.16	1.27	0.56	5.2	7.37	0.9	1.72	2.73	0.22	6.8	4.56	3.46	0.021	0.37	0.008	nd	0.001	0.001	nd	0.02	0.011	0.269	0.001	0.001	nd	nd	nd	0.346	0.767	
303	437664.97	2793180.03		L.F.A. NO. 2	12	8.07	2.55	0.28	4.6	9.7	1.15	2.06	3.25	0.21	8.7	5.34	3.34	0.007	0.4	0.03	nd	0.001	0.001	0.005	0.02	0.012	0.334	0	0	0	nd	nd	0.357	0.973	
304	438562.43	2794298.7		L.F.A. NO. 2	49-24 (18 P	8.2	1.55	0.56	4.8	9.7	1.47	2.5	4.01	0.2	7.7	4.27	23.7	0.006	0.44	0.037	nd	0.001	0	0.004	0.024	0.014	0.396	0	0.001	nd	nd	nd	0.346	0.974	
305	439074.22	2790181.87		L.F.A. NO. 3	50-15 (PSD)	8.1	2.19	0	3.8	11.2	5.31	6.2	6.05	0.32	10	4.04	3.33	0.011	0.632	0.045	0.001	nd	0.005	0.058	0.021	0.015	0.683	0.005	nd	0.002	nd	nd	0.197	0.472	
306	443917.41	2793429.6		L.F.A. NO. 3	17	8.55	1.37	0.72	3.6	7.6	1.12	3.2	3.52	0.2	6.4	3.49	4.19	0.018	0.365	0.04	nd	nd	0.005	0.001	0.035	0.012	0.408	0.005	nd	0.001	nd	nd	0.185	0.259	
307	443281.62	2790922.06		L.F.A. NO. 3	18-B	8.44	1.68	0.88	3.2	10	1.42	4.36	4.8	0.24	7.4	3.46	0.366	0.01	0.327	0.076	nd	0.001	0.014	0.017	0.045	0.015	0.626	0.014	0.002	nd	nd	nd	0.165	0.354	
308	444333.53	2792497.21		L.F.A. NO. 3	19	8.26	1.89	0.96	3.8	11.6	1.21	5.37	5.26	0.24	7.5	3.25	3.97	0.018	0.373	0.017	nd	0	0.005	0.001	0.045	0.014	0.644	0.005	nd	0	nd	0	0.18	0.399	
309	443443.05	2791984.43		L.F.A. NO. 3	20	8.55	1.65	0.96	3.6	9.6	1.44	3.99	4.45	0.23	7.5	3.65	3.28	0.014	0.36	0.029	nd	0	0.006	0.01	0.041	0.014	0.483	0.006	nd	0.003	nd	nd	0.19	0.375	
310	442818.98	2793730.7		L.F.A. NO. 3	20-B	8.56	1.56	0.96	3.2	9.6	1.33	3.26	3.55	0.21	8.2	4.44	3.61	0.015	0.363	0.025	nd	0	0.009	0.039	0.037	0.013	0.402	0.009	nd	nd	nd	nd	0.162	0.273	
311	442661.52	2787699.38		L.F.A. NO. 4	E.T.A. No.7	8.53	1.32	0.96	3.2	6	0.74	3.12	3.54	0.19	5.3	2.9	4.2	0.02	0.341	0.051	nd	0	0.011	0.036	0.037	0.015	0.388	0.011	nd	nd	nd	nd	0.204	0.202	
312	443698.18	2789759.49		L.F.A. NO. 4	23	8.56	1.5	0.96	3.4	8	0.89	3.68	4.21	0.21	5.9	2.97	3.8	0.021	0.37	0.018	nd	0.006	0.008	0.04	0.015	0.5	0.006	nd	0.017	0	nd	0.202	0.244		
313	439763.12	2783459.3		L.F.A. NO. 4	23-A	8.6	1.14	1.12	3.2	5.2	0.56	2.24	2.7	0.21	4.7	2.99	4.61	0.022	0.3	0.034	0.012	0.002	0.01	0.24	0.037	0.014	0.367	0.01	nd	nd	0.001	nd	0.171	0.157	
314	440942.73	2783321.22		L.F.A. NO. 4	23-B	8.54	1.03	0.96	3.1	4.8	0.58	1.49	2.65	0.17	4.9	3.4	4.95	0.015	0.3	0.015	0.006	nd	0.032	0.066	0.037	0.015	0.329	0.032	nd	nd	0.001	nd	0.166	0.149	
315	442607.1	2789937.59		L.F.A. NO. 4	24	7.92	1.37	0	4.8	8.15	0.93	3	3.82	0.19	6.2	3.36	3.35	0.005	0.33	0.29	0.008	0.003	0	nd	0.024	0.015	0.45	0	0.001	nd	nd	nd	0.379	0.798	
316	443460.11	2784309.17		L.F.A. NO. 4	24(PSD)	7.93	1.26	0	5.2	6.6	0.91	3.59	3.51	0.17	4.9	2.6	6.52	0.005	0.35	0.068	nd	0.002	0.002	0.099	0.027	0.016	0.409	0.002	0.001	nd	nd	nd	0.294	0.743	
317	443271.66	2788636.25		L.F.A. NO. 4	25																														

348	415968.28	2815575.82	LA PURISIMA	C3-MZA.G	8.03	2.14	0.48	5	13.19	2.1	4.05	6.37	0.06	9.4	4.12	3.47	0.01	0.49	0.096	nd	0.003	0.001	0.017	0.028	0.016	0.472	0	0.001	nd	nd	nd	0.423	1.015
349	421270.82	2811668.61	LA PURISIMA	C6-MZA.B	8	1.47	0.4	5.2	8.15	0.74	3.27	4.38	0.09	6.1	3.12	8.47	0.003	0.39	0.007	nd	0.001	nd	nd	0.027	0.014	0.352	nd	0.001	nd	nd	nd	0.377	0.721
350	412946.54	2815208.52	LA PURISIMA	C2-MZA.I	7.62	2.181	0	4.83	14.55	1.67	4.09	5.74	0.09	11.81	5.33	4.55	0.011	0.494	0.0286	0.0019	0.002	0.005	0.0437	0.0954	0.0171	0.4897	0.014	0.003	nd	0.0007	0.0018	0.278	1.101
351	408760.99	2807153.24	LLANO COLORADO	F-2	7.92	1.36	0	3.4	5.43	1.76	1.54	2.76	0.08	8	5.46	0.007	0.49	2.608	0.007	0.079	0.006	0.875	0.022	0.018	0.325	0.006	0.003	nd	nd	nd	nd	0.439	0.691
352	425459.55	2763726.04	LLANO LOS PATITOS	1	8.63	1.04	0.88	2.6	5.2	0.57	2.39	2.51	0.15	4.9	3.13	5.98	0.012	0.342	0.02	0.001	0.005	nd	0.024	0.021	0.018	0.33	nd	nd	nd	nd	0.109	0.288	
353	425054.6	2762323.22	LLANO LOS PATITOS	2	8.54	0.85	0.8	3.8	2.8	0.62	1.78	1.84	0.15	3.9	2.9	1.72	0.018	0.342	0.474	0.002	0.009	nd	0.029	0.021	0.272	0.021	nd	nd	nd	nd	0.294	0.178	
354	425926.63	2761568.84	LLANO LOS PATITOS	4	7.76	1.264	0	3.78	7.37	0.93	3.02	3.37	0.18	6.54	3.66	4.17	0.084	0.296	0.0216	0.005	0.003	0.1284	0.0164	0.0865	0.0289	0.6997	0.0096	0.0032	0.002	0.0009	0.0023	0.488	0.738
355	423869.11	2763116.96	LLANO LOS PATITOS	5	7.66	2.14	0	4.2	14.36	2.21	5.49	5.85	0.18	7.3	3.07	5.51	0.045	0.47	0.07	nd	0.004	0	nd	0.033	0.039	1.057	0	0.001	nd	nd	nd	0.474	1.413
356	418893.16	2760979.94	LLANO VERDE	1	8.08	1.14	0.04	4.8	5.43	0.74	1.15	1.95	0.09	8.1	6.51	4.79	0.015	0.38	0.029	nd	0.003	0.001	nd	0.016	0.024	0.269	0.001	0.004	0.003	nd	N/A	N/A	
357	419319.16	2759220.35	LLANO VERDE	4	8.15	1.99	0	4	10.4	2.44	4.43	4.83	0.14	10.4	4.83	3.38	0.012	0.739	0.032	0	nd	0.009	0.011	0.043	0.039	0.747	0.009	nd	0.007	nd	nd	0.44	0.358
358	418188.12	2771021.38	LOS TULARES	1	8.03	1.21	0.32	0.6	6.6	0.74	2.03	2.83	0.11	6.2	3.98	5.43	0.002	0.3	0.078	nd	0.005	0.003	0.058	0.023	0.024	0.335	0.003	0.001	nd	nd	nd	0.378	0.673
359	415179.85	2773764.98	LOS TULARES	1-B	7.76	1.98	0	8.2	12.8	1.32	5.26	5.79	0.07	5.8	2.47	6.29	0.007	0.32	0.066	nd	0.001	nd	nd	0.037	0.031	0.768	nd	0.001	nd	nd	nd	0.25	1.313
360	417232.87	2771816.55	LOS TULARES	2	8.2	2.55	0.8	3.8	17.85	1.56	5.45	7.21	0.12	9.7	3.86	7.43	0.001	0.39	0.004	nd	0.001	nd	nd	0.036	0.035	0.846	nd	0	nd	nd	nd	0.379	1.581
361	417689.17	2773099.35	LOS TULARES	3	8.02	5.32	0	4	51.2	7.16	25.57	16.65	0.19	13	2.83	15.1	0.01	1.085	0.02	nd	0.007	nd	0.01	0.04	0.047	1.823	nd	nd	nd	0	nd	0.442	0.831
362	419059.92	2772183.28	LOS TULARES	4	8.35	2.05	0.72	2.6	12.4	2.54	5.6	6.44	0.11	8.3	3.38	10.4	0.014	0.67	0.007	0	0.004	nd	0	0.028	0.02	0.515	nd	nd	nd	0	nd	0.34	1.99
363	408940.81	2812501.11	MA. AUXILIADORA	1-B	7.78	0	0	3.5	24.83	7.68	8.4	10.89	0.13	19.65	6.33	4.2	0.013	1.68	0.023	nd	0.001	nd	nd	0.04	0.029	1.473	nd	0.001	nd	nd	nd	0.383	2.282
364	410556.33	2810573.76	MA. AUXILIADORA	4	7.72	0.01	0	3.7	61.69	15.26	14.7	14.7	0.21	45.6	11.89	7.21	0.001	1.91	1.885	nd	0.018	0.001	0.211	0.043	0.033	3.292	0.001	0.002	nd	nd	nd	0.283	2.128
365	411884.81	2812913.81	MA. AUXILIADORA	7-A	7.94	1.86	0.48	4.8	11.64	1.49	5.03	5.65	0.09	8.3	3.59	5.8	0.005	0.5	0.043	nd	0.001	nd	nd	0.043	0.016	0.565	nd	0	nd	nd	nd	0.536	1.039
366	412864.76	2811225.49	MA. AUXILIADORA	10	8.02	1.02	0.16	5	3.88	0.87	1.72	1.94	0.07	5.6	4.14	7.6	0.003	0.37	0.028	nd	0.001	nd	nd	0.021	0.012	0.187	nd	0.001	nd	nd	nd	0.384	0.417
367	408950.72	2811052.45	MA. AUXILIADORA	21	7.82	3.26	0	4.4	22.7	2.16	4.22	6.64	0.06	17.1	7.34	4.44	0.021	0.49	0.01	nd	0.003	0.006	nd	0.032	0.022	0.953	0.006	0.002	nd	nd	nd	0.487	1.995
368	427075.18	2759271.97	MAGISTERIAL	03-feb	8.2	0.76	0	3.6	3.6	0.57	1.58	1.88	0.15	3.4	2.58	5.6	0.015	0.34	0.8	0.067	0.006	0.02	0.12	0.022	0.023	0.335	0.02	nd	nd	0.00002	0.626	0.186	
369	437081.52	2755847.58	MAGISTERIAL	605-2	8.48	1.3	0.48	3.2	3.2	0.87	2.49	2.31	0.19	7.3	4.71	6.71	0.019	0.592	0.026	0.002	nd	0.006	0.047	0.035	0.029	0.479	0.006	nd	0.001	nd	nd	0.162	0.181
370	430997.62	2756240.57	MAGISTERIAL	611-2	8.27	0.77	0.8	3.2	6.4	0.39	1.33	1.16	0.14	4.1	3.68	4.97	0.014	0.265	0.083	0.018	nd	0.024	0.104	0.023	0.017	0.231	0.024	0.001	0.002	nd	nd	0.46	0.594
371	434673.66	2756562.37	MAGISTERIAL	707-3	8.54	0.97	1.12	3.7	4	0.45	1.56	1.63	0.16	4.7	3.72	7.06	0.021	0.292	0.009	0.001	nd	0.005	0.018	0.03	0.021	0.319	0.005	nd	nd	nd	nd	0.388	0.305
372	436162.57	2756921.19	MAGISTERIAL	707-4	8.08	1.3	0.44	3.8	7.37	0.77	2.91	2.35	0.19	6.2	3.82	5.24	0.004	0.39	0.651	nd	0.037	nd	nd	0.026	0.026	0.55	nd	0.002	nd	nd	nd	0.558	0.749
373	434189.15	2783926.1	MEXICALI	1	8.33	1.97	0.4	2.2	1.2	1.33	6.05	5.84	0.21	7.2	2.95	6.5	0.009	0.339	0.004	nd	0.007	0.001	nd	0.034	0.018	0.668	0.001	0.001	nd	nd	nd	0.612	1.401
374	434362.12	2782405.93	MEXICALI	2	8.35	0.87	0.72	5	3.1	0.78	3.32	4.41	0.09	3.9	1.98	6.43	0.018	0.37	0.051	nd	0.006	0	0.072	0.023	0.014	0.222	0	0.001	nd	nd	nd	0.393	0.368
375	435383.77	2782493.71	MEXICALI	4	7.42	1.64	0	5.4	8.73	2.33	5.51	4.39	0.16	5.8	2.62	6.48	0.067	0.47	0.043	nd	0.002	0.019	nd	0.033	0.018	0.561	0.019	0.003	nd	nd	nd	0.343	0.738
376	437118.37	2783055.6	MEXICALI	6	8.46	1.6	0.56	2.8	8.4	1.35	3.88	4.15	0.24	6.4	3.19	6.47	0.013	0.487	0.075	nd	0.008	nd	nd	0.026	0.014	0.402	nd	0.002	nd	nd	0.00002	0.607	0.925
377	438620.43	2782596.44	MEXICALI	15	7.78	1.53	0	5.4	8.15	1.78	4.27	4.28	0.19	5.1	2.47	5.51	0.001	0.583	0.003	nd	0	nd	nd	0.029	0.019	0.594	nd	0.001	nd	nd	nd	0.316	0.672
378	436866	2783636.24	MEXICALI	11	7.72	2.86	0	5.2	19.4	4.53	9.01	8.75	0.3	9.5	3.19	5.9	0.011	0.89	0.004	nd	0.001	0.001	nd	0.038	0.027	1.357	0.001	0.001	nd	nd	nd	0.262	1.63
379	438407.32	2785703.19	MEXICALI	12	8.01	1.02	0.4	4.8	5.04	5.58	2.37	2.59	0.14	4.7	2.98	3.42	0.003	0.31	0.253	nd	0.005	0.006	nd	0.023	0.015	0.343	0.006	0.002	nd	nd	nd	0.344	0.439
380	440106.9	2782729.18	MEXICALI	18-A	7.98	1	0.4	5.4	4.27	0.67	2.03	2.51	0.15	4.1	2.72	4.26	0.01	0.32	0.04	nd	0.002	0	nd	0.026	0.014	0.323	0	0.001	nd	nd	nd	0.412	0.452
381	440725.46	2784331.54	MEXICALI	23	7.72	1.03	0	5.4	4.46	0.57	2.56	2.42	0.16	4.7	2.98	4.13	0.002	0.31	0.219	nd	0.003	0.002	nd	0.026	0.014	0.355	0.002	0.001	nd	nd	nd	0.376	0.455
382	440409.65	2786395.68	MEXICALI	27	8.21	1.07	0.64	5	5.24	0.6	2.5	2.76	0.17	5.8	3.58	3.13	0.011	0.31	0.338	nd	0.009	0.127	0.281	0.024	0.015	0.32	0.127	0.001	nd	nd	nd	0.406	0.474
383	435677.17	2783762.25	MEXICALI	5	8.51	1.34	0.72	2.8	7.2	0.52	2.72	3.21	0.18	5.5	3.19	5.89	0.01	0.295	0.01	nd	0.01	nd	nd	0.027	0.014	0.38	nd	0.002	nd	nd	nd	0.714	0.809
384	421840.5	2784719	MEXICO	1	8.4	1.15	0.48	4.4	9.6	0.55	2.58	2.37	0.15	6.5	4.13	4.51	0.014	0.31	1.371	0.043	0.042	0.009	0.928	0.026	0.014	0.323	0.009	0.003	nd	nd	nd	0.201	0.286
385	421094.49	2785531.54	MEXICO	05-abr	8.09	1.44	0	4	8	0.66	3.95	3.51	0.19	6.9	3.57	4.2	0.014	0.333	0.075	0.009	0.014	nd	0.043	0.022	0.012	0.362	nd	0.002	nd	nd	nd	0.108	0.553
386	421216.97	2786834.03	MEXICO	4	8.03	1.8	0.16	4.6	12.03	1.17	3.51	4.91	0.33	9.6	4.68	3.3	0.009	0.48	0.009	nd	0.001	0.003	nd	0.027	0.019	0.558	0.003	0.005	0.003	0	nd	N/A	N/A
387	419077.84	2786054.67	MEXICO	6	8.02	1.99	0	4	12.4	0.79	4.6	4.71	0.22	9.2	4.26	3.9	0.009	0.394	0.009	nd	0.015	nd	0.001	0.025	0.016	0.464	nd	0.001	nd	nd	nd	0.165	0.79
388	420084.88	278699																															

418	414054.28	2776914.37	NUEVA CALIFORNIA	21	8.16	1.29	0	3.8	6	0.73	2.56	3.25	0.06	4.7	2.76	13.6	0.029	0.3	0.011	0.001	0.002	0.002	0.019	0.026	0.02	0.354	0.002	0.001	nd	nd	nd	0.435	0.846
419	412972.56	2777548.16	NUEVA CALIFORNIA	23	7.97	0.786	0	4.83	2.52	0.55	1.39	1.9	0.05	5.97	4.66	6.15	0.016	0.255	0.0109	0.0036	0.002	0.0027	0.0212	0.0491	0.0164	0.2155	0.0086	0.0025	0.0065	0.001	0.0021	0.38	0.459
420	412587.34	2778265.97	NUEVA CALIFORNIA	24	8	0.78	0.44	5.1	2.33	0.43	1.16	1.78	0.07	4.4	3.63	6.37	0.01	0.29	0.016	nd	0.001	nd	nd	0.015	0.017	0.183	nd	0.002	nd	nd	nd	0.457	0.189
421	412458.64	2779182.13	NUEVA CALIFORNIA	25	8.16	1.46	0	3.4	8	0.87	3.65	3.65	0.06	5.5	2.88	14	0.006	0.357	0.012	0.003	0.001	nd	0.014	0.029	0.022	0.169	nd	0	nd	nd	nd	0.456	1.047
422	417548.45	2775652.03	NUEVA CALIFORNIA	27	7.77	0.94	0	4.4	4.27	0.4	2.39	2.97	0.06	3.7	2.26	15.2	0.011	0.23	0.005	nd	0	nd	nd	0.022	0.019	0.283	nd	0.002	nd	nd	nd	0.317	1.509
423	417334.05	2774396.2	NUEVA CALIFORNIA	29	7.93	1.97	0	2.4	13.2	0.39	8.6	6.26	0.05	4.2	1.54	9.24	0.01	0.261	0.014	0.003	0.002	0.006	0.02	0.035	0.029	0.655	0.006	0	nd	nd	nd	0.278	1.07
424	419302.11	2773512.59	NUEVA CALIFORNIA	32	8.09	0.92	0	4	3.6	0.4	1.52	2.38	0.04	2.8	2	8.74	0.003	0.25	0.476	0.002	0.012	0.017	0.865	0.024	0.018	0.249	0.017	0.001	nd	nd	nd	0.425	0.532
425	417637.17	2777246.79	NUEVA CALIFORNIA	33	7.86	2.37	0.28	4	16.3	2.54	6.76	8.22	0.13	7.8	2.85	11.1	0.011	0.68	0.002	nd	0	nd	nd	0.033	0.031	0.903	nd	0.001	nd	nd	nd	0.311	1.552
426	419373.63	2776348.56	NUEVA CALIFORNIA	35	8.06	1.11	0	4	4.8	0.74	2.76	2.67	0.06	3.55	2.15	8.93	0.013	0.314	0.03	0.004	0.002	0.012	0.017	0.026	0.016	0.291	0.012	0	nd	nd	nd	0.429	0.667
427	421362.26	2777249.69	NUEVA CALIFORNIA	38	7.78	2.69	0	3.6	17.8	2.82	8.38	8.7	0.13	7.2	2.46	12.4	0.01	0.41	1.323	nd	0.04	0.008	nd	0.034	0.03	0.954	0.008	0.002	nd	nd	nd	0.257	1.729
428	421231.31	2775292.64	NUEVA CALIFORNIA	39	7.82	1.057	0	4.1	5.04	0.48	2.73	2.83	0.08	6.36	3.81	10.9	0.014	0.226	0.3401	0.0043	0.013	0.004	0.1118	0.0811	0.0167	0.3765	0.0127	0.002	0.0138	nd	0.0024	0.337	0.621
429	421819.58	2774524.32	NUEVA CALIFORNIA	41	8.28	0.81	0.56	4	2.8	0.37	1.61	1.62	0.06	3.2	2.52	8.27	0.005	0.232	0.034	0.001	0	0.007	0.032	0.022	0.016	0.212	0.007	0.001	nd	nd	nd	0.417	0.394
430	422260.02	2775309.13	NUEVA CALIFORNIA	42	8.26	1.15	0.44	3	5.6	0.44	2.7	2.54	0.07	4.3	2.66	8.55	0.01	0.236	0.032	0.002	0.004	0.022	0.046	0.026	0.016	0.332	0.022	0	0	nd	nd	0.362	0.779
431	422422.8	2776200.87	NUEVA CALIFORNIA	43	8.06	1.54	0.04	4.2	10.09	0.74	4.79	5	0.09	5.1	2.31	8.97	0.007	0.25	0.04	nd	0.001	0.021	nd	0.029	0.021	0.5	0.001	0.002	nd	nd	nd	0.339	0.962
432	423398.58	2776520.74	NUEVA CALIFORNIA	44	8.24	0.86	0.4	3.4	3.6	0.39	2.05	1.99	0.05	3.2	2.25	6.08	0.005	0.223	0.275	0.003	0.005	0.025	0.323	0.024	0.013	0.223	0.025	0.001	0	nd	nd	0.387	0.465
433	423145.89	2775565.17	NUEVA CALIFORNIA	45	8.18	0.6	0	4.6	1.2	0.26	0.63	1.49	0.04	1.8	1.75	4.53	0.01	0.196	0.025	0	0.004	0.028	0.039	0.02	0.012	0.177	0.028	0.001	nd	nd	nd	0.381	0.164
434	419437.54	2778406.47	NUEVA CALIFORNIA	48	7.75	3	0	3.4	21.2	1.75	11.45	8.55	0.12	7.8	2.47	7.16	0.009	0.539	0.147	0.004	0.004	0.001	0.043	0.039	0.029	1.097	0.001	nd	nd	nd	0.297	2.693	
435	420326.51	2777832.35	NUEVA CALIFORNIA	49	8.22	3.34	0	3.2	23.2	1.95	14.09	10.1	0.12	3.8	1.09	11.8	0.038	0.341	0.075	0.004	0.006	0.061	0.047	0.041	0.029	1.233	0.061	0.001	nd	nd	nd	0.327	3.029
436	420348.59	2778976.61	NUEVA CALIFORNIA	55	7.81	3.43	0	3.8	27.16	3.87	11.42	11.07	0.22	9.4	2.8	8.4	0.015	0.58	0.158	nd	0.004	0.001	nd	0.053	0.033	1.432	0.001	0.002	nd	nd	0.00026	0.245	2.166
437	422598.35	2778733.03	NUEVA CALIFORNIA	57-A	8.08	1.74	0	4	14	0.79	5.59	5.4	0.07	4.4	1.88	7.76	0.006	0.272	0.011	0.002	0	0.006	0.027	0.034	0.019	0.59	0.006	nd	nd	nd	nd	0.35	1.405
438	422144.99	2778883.51	NUEVA CALIFORNIA	57-B	7.88	2.53	0	7.6	17.85	1.6	8.6	9.05	0.14	6.1	2.05	7.62	0.044	0.34	0.021	nd	0.001	0.001	nd	0.043	0.024	0.982	0.001	0.002	nd	nd	nd	0.316	1.721
439	423402.04	2778648.44	NUEVA CALIFORNIA	58	8.11	2.32	0.52	2.8	12.8	1.43	10.04	7.68	0.8	3.1	1.04	9.95	0.018	0.312	0.026	0.002	0.003	0.004	0.024	0.038	0.023	0.836	0.004	0	nd	nd	nd	0.287	2.083
440	423578.92	2780112.23	NUEVA CALIFORNIA	59	8.28	1.2	0	3.6	6	0.56	3.03	3.23	0.08	3	1.7	8.4	0.006	0.24	0.046	0.002	0.005	0.071	0.082	0.031	0.016	0.366	0.071	0.001	nd	nd	nd	0.369	1.816
441	422573.77	2779654.83	NUEVA CALIFORNIA	60	7.86	1.63	0	4.2	10.86	1.05	5.03	5.93	0.14	4.5	1.92	7.7	0.005	0.32	0.003	nd	0.001	nd	nd	0.034	0.021	0.632	nd	0.002	nd	nd	nd	0.298	1.047
442	421643.39	2779469.61	NUEVA CALIFORNIA	61	7.59	2.85	0	3.8	22.5	2.14	9.67	9.86	0.18	5.9	1.89	7.76	0.014	0.48	0.009	nd	0.001	0.008	nd	0.043	0.028	1.21	0.008	0.002	nd	nd	nd	0.261	1.972
443	420125.06	2780016.84	NUEVA CALIFORNIA	62	7.82	3.7	0	3.8	11.6	2.59	16.61	12.27	0.11	5.3	1.39	10.1	0.01	0.372	0.182	0.012	0.004	0.009	0.1	0.041	0.032	1.471	0.009	0	nd	nd	nd	0.308	3.423
444	419614.98	2781000.78	NUEVA CALIFORNIA	66	7.76	4	0	3.4	30.26	2.08	13.09	13.78	0.23	9.1	2.48	9.76	0.008	0.37	0.133	nd	0.006	nd	nd	0.045	0.038	1.826	nd	0.001	nd	nd	nd	0.299	2.56
445	420623.65	2780685.96	NUEVA CALIFORNIA	67	8.11	1.95	0	3.8	5.6	1.58	6.77	5.56	0.13	5.2	2.09	11.1	0.005	0.329	0.034	0.005	0.008	0.015	0.061	0.034	0.021	0.722	0.015	nd	nd	nd	nd	0.401	1.452
446	423580.07	2781769.5	NUEVA CALIFORNIA	71	8.19	1.23	0	4	11.2	0.62	3.1	2.84	0.09	4.4	2.55	8.66	0.032	0.278	0.349	0.003	0.003	0.009	0.265	0.027	0.016	0.345	0.009	0	nd	nd	nd	0.481	0.807
447	422702.98	2781426.49	NUEVA CALIFORNIA	72	8.16	1.78	0	4.2	8.8	0.81	5.37	5.37	0.08	4.3	1.86	9.4	0.013	0.258	0.025	0.01	0.001	0.011	0.033	0.018	0.581	0.001	nd	nd	nd	nd	0.433	1.458	
448	419681.66	2781808.76	NUEVA CALIFORNIA	75	7.62	3.58	0	3.2	22.7	2.93	11.12	11.24	0.29	10.3	3.08	10.5	0.015	0.51	0.095	nd	0.002	0.002	nd	0.042	0.033	1.657	0.002	0.222	nd	0.002	nd	0.294	2.633
449	419917.27	2783406.11	NUEVA CALIFORNIA	78	8.08	3.58	0	3.2	23.09	2.32	11.33	11.62	0.32	11.1	3.28	10.7	0.007	0.48	0.009	nd	0.001	0.001	nd	0.047	0.03	1.498	0.001	0.007	nd	nd	nd	0.229	2.573
450	423169.89	2782486.06	NUEVA CALIFORNIA	82	8.09	1.6	0	4.2	9.2	0.41	3.62	3.97	0.14	5.3	2.72	6.62	0.011	0.283	0.049	0.004	0.002	0.035	0.052	0.03	0.018	0.504	0.035	0.001	nd	nd	nd	0.416	1.206
451	424009.33	2783835.49	NUEVA CALIFORNIA	83	7.97	0.98	0	4.8	3.88	0.35	1.8	2.41	0.14	5.2	3.58	4.52	0.013	0.29	0.003	nd	0.001	nd	nd	0.024	0.015	0.284	nd	0.002	nd	nd	nd	0.427	0.446
452	419979.02	2784194.58	NUEVA CALIFORNIA	87	7.87	2.55	0.32	4.2	18.62	0.86	7.58	7.7	0.33	9.6	3.47	4.49	0.006	0.43	0.199	0.012	0.003	0.004	0.004	0.044	0.026	1.175	0.004	0.002	nd	nd	nd	0.301	1.671
453	418969.24	2784066.82	NUEVA CALIFORNIA	88	8.08	2.39	0	4	15.2	1.01	6.7	6.98	0.14	7.6	2.91	7.44	0.002	0.344	0.049	0.003	0.002	0.002	0.054	0.033	0.024	0.726	0.002	0	nd	nd	nd	0.493	1.966
454	416239.17	2784172.47	NUEVA CALIFORNIA	90	7.92	3.56	0	3.6	26	1.89	12.06	10.9	0.21	9.9	2.92	7.05	0.003	0.448	0.184	0.014	0.006	0.074	0.083	0.038	0.031	1.298	0.074	0.001	nd	nd	nd	0.352	3.219
455	417792.39	2783583.47	NUEVA CALIFORNIA	96	8.19	2.6	0	3.8	18	1.5	8.76	8.37	0.15	7.7	2.63	7.74	0.004	0.376	0.079	0.007	0.004	0.05	0.106	0.034	0.026	0.846	0.05	0.001	nd	nd	nd	0.458	2.302
456	417523.13	2779327.75	NUEVA CALIFORNIA	99	8.04	0.72	0	3.8	2.33	0.36	1.6	2.14	0.06	2.9	2.12	6.16	0.013	0.23	0.109	nd	0.002	0.001	0.009	0.021	0.014	0.236	0.001	0.003	nd	nd	nd	0.395	0.379
457	415992.14	2777038.1	NUEVA CALIFORNIA	100	7.82	0.93	0	4.2	3.49	0.4																							

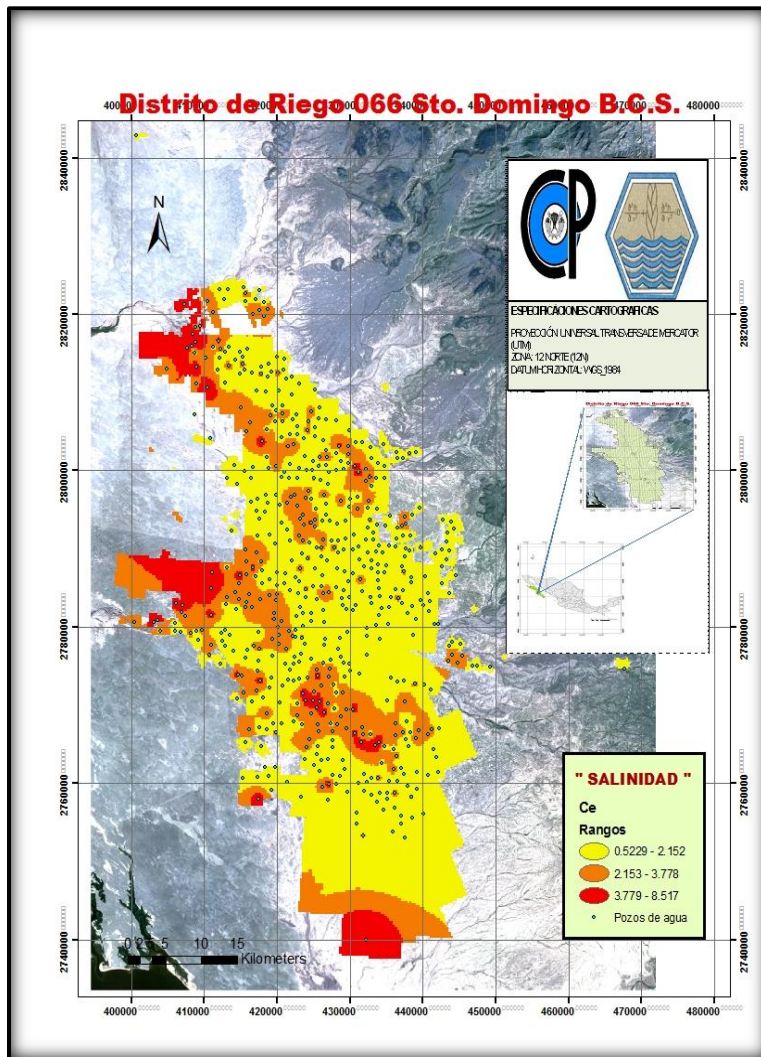
489	425239.71	2804332.48		PALOS ALTOS	5	8.14	1.96	0	3.8	10.4	3.94	9.29	5.69	0.08	6.1	2.23	5.07	0.018	0.534	0.019	0.038	0	0.002	nd	0.029	0.016	0.411	0.001	nd	0.008	nd	nd	0.158	1.139
490	426338.26	2803901.41		PALOS ALTOS	8	8.27	1.44	0.64	2.6	7.6	2.24	4.59	3.87	0.09	4.4	2.14	6.21	0.022	0.419	0.513	0.001	0.002	0.011	0.181	0.026	0.013	0.282	0.011	nd	0.005	nd	nd	0.169	0.555
491	423749.87	2804608.09		PALOS ALTOS	1	8.11	1.94	0	3.6	12	3.06	7.56	5.62	0.09	5.7	2.22	7.18	0.017	0.419	0.026	0.003	0.001	0.015	0.016	0.028	0.016	0.419	0.015	nd	0.077	nd	nd	0.61	1.223
492	467653.48	2774704.97		PREDIO POZA SOLA NO. 3	S/N	8.02	1	0	4.8	4.8	0.48	4.66	2.14	0.07	3.9	2.12	3.16	0.031	0.248	0.004	nd	0.008	nd	0.006	0.028	0.016	0.16	nd	nd	nd	nd	0.292	0.365	
493	419093.25	2804131.14		PREDIO SAN JULIAN	S/N	8.69	0.91	0.72	4	4	1.17	1.49	1.96	0.07	5.4	4.12	3.33	0.018	0.431	0.031	0.001	0.004	nd	0.023	0.014	0.01	0.146	nd	nd	0.001	nd	nd	0.251	0.233
494	414364.16	2784475.02		PROGRESO	2	8.23	2.78	0.4	11.2	19.4	1.53	6.85	9.28	0.23	10.3	3.63	3.33	0.01	0.41	0.011	nd	0.001	0.001	nd	0.039	0.032	1.096	0.001	0.001	nd	nd	0.309	1.991	
495	410995.22	2784984.84		PROGRESO	6	7.8	6.26	0	2.6	48.4	4.08	18.57	15.46	0.36	23.4	5.67	5.49	0.009	0.959	0.052	nd	nd	0.01	0.009	0.063	0.049	2.369	0.01	nd	nd	0	nd	0.172	0.42
496	413222.69	2783763.32		PROGRESO	14	8.16	3	0	3.2	26.4	2.8	6.79	8.89	0.26	12.85	4.59	4.29	0.008	0.54	0.332	nd	0.008	0.003	0.029	0.044	0.033	1.243	0.003	0.002	nd	nd	0.349	2.086	
497	414780.51	2783558.56		PROGRESO	15	8.14	2.39	0.4	3.1	16.5	1.56	5.81	7.83	0.21	7.6	2.91	5.05	0.011	0.53	0.029	nd	0.002	0.004	nd	0.036	0.027	0.901	0.004	0.002	nd	nd	0.314	1.578	
498	415821.91	2783138.81		PROGRESO	16	8.07	2.02	0	3.92	12.3	1.21	5.42	6.63	0.27	7.7	3.14	6.48	0.007	0.45	0.12	nd	0.003	0.045	nd	0.034	0.026	0.733	0.045	0.008	nd	nd	0.374	1.159	
499	415722.56	2782569.73		PROGRESO	17	7.57	2.258	0	3.99	15.13	1.07	4.99	6.79	0.13	7.84	3.23	10.7	0.012	0.244	0.038	0.0031	0.004	0.01	0.0601	0.1127	0.0292	0.9325	0.0172	0.0035	nd	0.0002	0.0019	0.31	0.875
500	414480.77	2782207.97		PROGRESO	18	8.31	1.32	0.56	4	7.37	0.94	2.77	4.35	0.1	6.1	3.23	9.41	0.012	0.31	0.009	nd	0.001	0	nd	0.028	0.021	0.416	0	0.002	nd	nd	0.343	0.745	
501	413049.29	2782191.71		PROGRESO	19	8.45	1.65	0.88	3.32	10.48	1.08	2.83	3.67	0.19	11.3	6.27	7.35	0.008	0.51	1.041	nd	0.015	0.002	0.13	0.028	0.028	0.571	0.002	0.002	nd	nd	0.423	0.944	
502	410960.92	2781544.95		PROGRESO	24	7.59	4.42	0	4.98	31.82	8.02	8.93	11.33	0.24	21.8	6.85	10.9	0.016	0.62	0.345	nd	0.005	nd	nd	0.036	0.043	1.829	nd	0.002	nd	nd	0.26	2.916	
503	437499.86	2770469.56		REVOLUCION MEXICANA	22-23	7.87	3.79	0	2.8	26.8	2.8	21.74	9.88	0.26	7.2	1.81	9.57	0.016	0.505	0.043	nd	0.001	nd	nd	0.034	0.033	1.717	nd	0.002	nd	0	nd	0.169	1.974
504	436264.81	2767627.08		REVOLUCION MEXICANA	43-44	8.07	2.52	0	2.5	19.79	0.79	9.23	6.37	0.3	8.1	2.9	7.38	0.009	0.42	0.031	nd	0.002	nd	nd	0.04	0.037	1.238	nd	0.003	nd	nd	0.153	1.947	
505	437825.05	2767931.91		REVOLUCION MEXICANA	45-46	8.23	0.94	0.32	3.2	4.8	0.38	2.65	1.53	0.12	3.9	2.7	5.69	0.015	0.321	0.009	nd	0	nd	nd	0.022	0.02	0.263	nd	0.003	nd	0.001	nd	0.234	0.178
506	438379.7	2766546.85		REVOLUCION MEXICANA	59-60	7.98	1.29	0	3.4	8.4	0.48	3.82	2.1	0.19	6.45	3.75	6.46	0.011	0.721	0.016	nd	0.014	0.001	nd	0.023	0.028	0.345	0.001	0.003	nd	0	nd	0.205	0.778
507	437255.78	2766569.7		REVOLUCION MEXICANA	61-62	7.79	2.55	0	2.8	16.8	0.84	11.86	5.58	0.26	8	2.71	7.2	0.017	0.543	0.044	nd	0.002	nd	nd	0.03	0.039	0.971	nd	0.003	nd	nd	0.282	0.907	
508	433963.78	2765277.28		REVOLUCION MEXICANA	68	7.74	5.9	0	3	45.2	5.19	33.52	13.33	0.47	14.7	3.04	13.3	0.012	1.103	0.036	0.003	0	nd	nd	0.036	0.062	2.935	nd	0.003	nd	0.001	nd	0.17	7.449
509	434789.03	2764721.44		REVOLUCION MEXICANA	69-70	7.86	1.3	0	3.6	8.54	0.5	3.14	2.66	0.23	8	4.7	6.46	0.031	0.46	0.275	nd	0.016	0.006	0.022	0.029	0.024	0.476	0.006	0.002	nd	nd	0.376	0.729	
510	437648.44	2765691.78		REVOLUCION MEXICANA	75-76	7.5	2.11	0	3.2	14.16	0.73	8.09	6.16	0.32	6.1	2.29	8.9	0.008	0.35	0.551	nd	0.012	0.005	0.113	0.039	0.029	0.997	0.005	0.002	nd	nd	0.298	1.643	
511	439448.87	2766783.86		REVOLUCION MEXICANA	79	8.12	3.82	0	1.6	13.2	0.43	5.17	3.37	0.56	22.5	10.89	6.34	0.006	5	1.238	0.005	0.045	0.01	0.105	0.059	0.139	0.97	0.01	0.006	0.008	nd	nd	0.394	1.856
512	440731.11	2766243.86		REVOLUCION MEXICANA	87-88	7.69	2.32	0	2.8	15.2	1.43	12.55	5.65	0.26	5.6	1.86	8.39	0.015	0.29	0.183	nd	0.002	nd	nd	0.032	0.028	1.082	nd	0.002	nd	nd	0.336	1.519	
513	439074.06	2765716.73		REVOLUCION MEXICANA	90	8.03	2.86	0	2.4	24.44	0.29	10.79	7.7	0.42	8	2.63	7.12	0.015	0.35	0.302	nd	0.05	0.002	nd	0.041	0.04	1.434	0.002	0.002	nd	nd	0.176	2.296	
514	438078.83	2764716.94		REVOLUCION MEXICANA	91	8.02	1.06	0	3.6	4.8	0.46	3.66	2.33	0.2	4.6	2.66	6.5	0.013	0.29	0.009	nd	0	nd	nd	0.022	0.019	0.405	nd	0.003	nd	0.001	nd	0.304	3.359
515	436032.1	2764339.38		REVOLUCION MEXICANA	93	7.8	1.9	0	2.8	12.4	0.69	7.92	4.38	0.24	6	2.42	1.93	0.016	0.351	0.027	nd	0.001	0.013	nd	0.026	0.026	0.78	0.013	0.003	nd	0	nd	0.22	0.985
516	441245.3	2766876.55		REVOLUCION MEXICANA	83	7.83	2.43	0	2.8	17.2	0.36	12.99	5.55	0.26	5.9	1.94	7.77	0.01	0.329	0.015	0.007	0	0.066	nd	0.03	0.029	0.955	0.066	0.006	nd	0.001	nd	0.283	6.338
517	436324.47	2766161.01		REVOLUCION MEXICANA	63-64	7.94	2.22	0	3.4	16	0.45	9.94	4.54	0.25	7.8	2.9	2.08	0.014	0.438	2.473	0.654	0.019	0.066	nd	0.027	0.039	0.888	0.066	0.009	0.097	nd	nd	0.404	6.39
518	432191.18	2773975.7		RIO LERMA	49-1	8.12	6.74	0	4.6	5.0	8.44	16.18	11.13	0.48	37.9	10.26	4.13	0.027	2.451	0.078	nd	0.062	0.011	0.137	0.049	0.118	4.326	0.011	0.001	nd	nd	0.438	2.485	
519	414920.28	2786526.15		RIO MAYO	2	7.96	4.88	0	3.4	38.4	2.46	16.22	15.33	0.38	14.9	3.75	6.09	0.012	0.459	0.603	0.004	0.01	0.013	0.7	0.054	0.039	2.462	0.013	nd	nd	nd	0.208	0.72	
520	414850.02	2785605.86		RIO MAYO	3	8.19	3.37	0	3.8	24	1.71	9.31	10.65	0.25	10.5	3.32	3.03	0.016	0.366	0.146	0.004	nd	0.002	0.151	0.049	0.032	1.352	0.002	nd	nd	nd	0.414	1.26	
521	415829.27	2786773.58		RIO MAYO	5	8.17	2.91	0	3.8	19.2	1.61	7.36	7.93	0.23	10.7	3.87	4.25	0.013	0.41	0.257	0.002	0.001	0.004	0.312	0.039	0.025	1.003	0.004	nd	nd	nd	0.663	1.259	
522	417515.26	2787543.73		RIO MAYO	7	8.02	4.75	0	3.2	33.6	2.72	13.1	12.31	0.35	16.9	4.74	5.05	0.022	0.609	0.083	0.005	nd	0.001	0.056	0.049	0.035	1.746	0.001	nd	nd	nd	0.208	1.428	
523	417125.84	2786436.42		RIO MAYO	8	8.06	1.75	0	4.4	11.45	0.83	3.21	5.16	0.19	8.6	4.21	3.77	0.011	0.4	0.038	nd	0.001	0.01	nd	0.03	0.021	0.601	0.01	0.001	nd	nd	0.428	0.882	
524	418030.53	2787251.9		RIO MAYO	10	8.45	1.81	1.04	3.6	14.8	0.54	3.83	4.29	0.19	9.5	4.72	7.14	0.015	0.359	0.096	0.008	nd	0.026	0.177	0.031	0.019	0.545	0.025	nd	nd	nd	0.456	0.987	
525	418019.54	2785565.58		RIO MAYO	12	8.63	1.29	1.12	3.8	6.8	0.41	2.11	2.66	0.13	7.7	4.99	3.78	0.043	0.308	0.06	0.006	nd	0.003	0.083	0.02	0.015	0.283	0.003	nd	nd	nd	0.354	0.29	
526	420066.02	2785273.97		RIO MAYO	14	8.36	1.52	1.04	4.4	8.4	0.54	4.22	3.36	0.21	7.8	4.01	3.73	0.015	0.318	0.16	0.003	nd	nd	0.024	0.032	0.017	0.489	nd	nd	nd	nd	nd	0.256	0.44
527	417852.15	2788412.74		RIO MAYO	15	8.33	2.09	0.8	3.4	14.8	0.73	5.35	5.76	0.22	10.5	4.45	2.62	0.017	0.389	0.116	0.004	nd	0.003	0.076	0.036	0.02	0.769	0.003	nd	nd	nd	0.227	1.071	
528	440915.31	2781997.03		ROMERILLAL	6	7.77	0.91	0	5.9	3.3	0.48	3.02	3.03	0.14	3.9	2.24	5.14	0.011	0.															

559	417674.49	2820542.77	SANTO DOMINGO	2	8.3	3.6	0.8	5	27.94	3.82	4.76	10.9	0.2	17.8	6.36	4.95	0.012	0.86	0.027	nd	0.002	0.001	nd	0.032	0.022	1.106	0.001	0.003	nd	nd	nd	N/A	N/A
560	408821.05	281637.6	SANTO DOMINGO	3	7.16	8.76	0	6.3	65.38	20.32	16.65	19.63	0.21	45.03	10.57	8.93	0.026	3.102	0.1075	0.0022	0.018	0.0053	0.0178	0.1523	0.0464	1.545	0.0089	0.0045	nd	nd	0.0029	0.249	5.669
561	408352.65	2815916.6	SANTO DOMINGO	4	7.86	2.86	0	5	17.46	5.27	3.98	7.72	0.24	19.6	8.1	7.03	0.013	1.38	0.015	nd	0.003	nd	nd	0.029	0.022	0.469	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
562	407713.11	2815713.83	SANTO DOMINGO	5	7.63	6.67	0	5.8	46.56	13.67	11.37	15.65	0.22	44.2	12.03	16.6	0.02	3.47	0.071	nd	0.005	nd	nd	0.041	0.041	1.263	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
563	416675.49	2820003.05	SANTO DOMINGO	8	8.36	3	0.96	4.4	21.53	3.29	2.95	6.06	0.14	19.75	9.3	9	0.007	0.9	0.017	nd	0.003	0.006	nd	0.025	0.019	0.654	0.006	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
564	417105.64	2821909.75	SANTO DOMINGO	9	8.53	1.84	1.2	5.2	12.61	1.09	2.64	6.79	0.12	12.6	5.8	7.91	0.018	0.42	0.038	nd	0.002	0.001	nd	0.026	0.014	0.632	0.001	0.003	nd	nd	nd	N/A	N/A
565	415765.04	2821609.81	SANTO DOMINGO	10	7.88	1.99	0	5.4	13.58	0.95	2.85	6.88	0.16	8.8	3.99	5.49	0.013	0.36	0.005	nd	0.001	0.002	nd	0.028	0.016	0.542	0.002	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
566	418196.2	2819749.39	SANTO DOMINGO	11	8.51	3.18	1	3.2	22.89	4.59	2.97	4.89	0.14	23.2	11.7	7.02	0.01	1.12	0.302	nd	0.008	0.005	nd	0.028	0.02	0.624	0.005	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
567	418815.87	2820576.18	SANTO DOMINGO	12	8.5	3.08	1.2	4.8	22.5	2.58	3.32	7.46	0.16	20	8.62	5.88	0.019	0.69	0.014	nd	0.001	nd	nd	0.025	0.019	0.816	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
568	409444.35	2818434.84	SANTO DOMINGO	15	7.86	3.68	0	6.6	26.38	3.37	5.1	7.56	0.13	25.6	10.18	15.9	0.013	1.17	0.817	nd	0.053	0.007	1.089	0.033	0.025	0.879	0.007	0.003	nd	nd	nd	N/A	N/A
569	410519.44	2821577.57	SANTO DOMINGO	16	7.47	3.473	0	4.2	22.31	4.73	9.15	10.72	0.08	16.11	5.11	19.2	0.014	1.096	0.438	0.0044	0.017	0.0072	0.0778	0.128	0.0127	0.6482	0.0124	0.0031	0.0002	nd	0.0019	0.348	0.806
570	407327.85	2821313.97	SANTO DOMINGO	20	7.69	8.59	0	5.2	73.72	14.14	17.08	17.08	0.19	45.3	10.96	7.69	0.021	2.5	0.06	nd	0.002	0.004	nd	0.044	0.036	1.723	0.004	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
571	408428.17	2817447.58	SANTO DOMINGO	22	7.54	6.42	0	6.2	49.66	10.08	8	13.52	0.21	45.7	13.93	7.8	0.02	1.99	0.068	nd	0.024	0.007	nd	0.041	0.043	1.288	0.007	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
572	418267.88	2821452.3	SANTO DOMINGO	23	8.54	1.42	0.96	4.4	7.6	0.67	1.32	3.92	0.1	8.5	5.25	2	0.019	0.4	0.013	nd	0.002	0.006	nd	0.016	0.013	0.299	0.006	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
573	417639.16	2823051.3	SANTO DOMINGO	25	8.45	1.05	0.8	4.2	4.6	0.28	1.29	3.57	0.07	5.4	3.46	10.3	0.019	0.21	0.027	nd	0.003	0.003	nd	0.018	0.011	0.292	0.003	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
574	415755.65	2822668.19	SANTO DOMINGO	31	8.34	2.8	0.56	4	20.18	2.74	4.78	9.56	0.22	10.75	4.01	6.26	0.018	0.43	0.008	nd	0.001	nd	nd	0.031	0.018	0.708	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
575	400734.49	2842807.05	SANTO DOMINGO	M.S.3	8.56	0.98	0.88	3.9	5.24	0.75	0.62	1.71	0.27	6.9	6.39	0.23	0.012	0.34	0.204	nd	0.005	0.027	nd	0.016	0.015	0.297	0.027	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
576	424770.03	2781764.76	SINALOA	3	8.72	0.82	1.44	3.8	2.8	0.3	1.66	1.57	0.13	4.6	3.62	5.65	0.008	0.286	0.038	0.006	0.003	0.016	0.02	0.025	0.014	0.241	0.016	nd	0.007	0	nd	0.265	0.066
577	424729.78	2780770.33	SINALOA	7	8.14	1.94	0	3.2	11.6	0.79	6.59	5.97	0.12	5	2	8.28	0.007	0.226	0.037	nd	0.003	0.01	0.031	0.051	0.021	0.745	0.01	nd	0.018	nd	nd	0.204	0.436
578	426491.06	2780554.39	SINALOA	8	8.74	0.51	1.2	3.8	1.2	0.38	1.3	1.32	0.05	2.3	2.01	2.29	0.023	0.196	0.104	nd	0.004	0.063	0.124	0.022	0.011	0.133	0.063	nd	0.013	nd	nd	0.291	0.022
579	429146.93	2784728.37	SINALOA	17	7.96	0.99	0	5.1	4.85	0.39	2.26	2.47	0.2	4.9	3.18	5.03	0.028	0.27	0.055	nd	0.003	nd	0.002	0.023	0.015	0.329	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
580	428983.91	2783723.83	SINALOA	18	7.88	1.67	0	4.6	11.45	0.33	4.43	4.63	0.2	6.8	3.19	6.04	0.013	0.27	0.016	nd	0.002	0.002	nd	0.031	0.02	0.618	0.002	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
581	428990.94	2782723.97	SINALOA	19	7.83	2.25	0	4.6	17.27	0.53	6.41	6.38	0.24	8.5	3.36	8.81	0.01	0.27	0.017	nd	0.001	nd	nd	0.034	0.026	0.878	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
582	430003.25	2783754.48	SINALOA	20	7.89	1.54	0	4.6	10.09	0.51	4.08	4.34	0.2	6.5	3.17	5.79	0.02	0.27	0.007	nd	0.001	nd	nd	0.028	0.02	0.525	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
583	429554.83	2782236.51	SINALOA	22	7.48	2.16	0	4.6	15.52	0.62	6.28	6.03	0.25	8.4	3.39	12.8	2.487	0.3	0.017	nd	0.002	0.009	nd	0.037	0.022	0.8	0.009	0.001	nd	nd	nd	N/A	N/A
584	430783.69	2782749.75	SINALOA	25	7.96	0.99	0.24	5	5.04	0.27	2.15	2.21	0.15	5	3.39	6.53	0.015	0.24	0.005	nd	0.001	nd	nd	0.024	0.015	0.275	nd	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
585	430424.36	2782116.51	SINALOA	28-A	8.16	1.61	0.32	4	10.09	0.75	3.83	4.29	0.19	6.9	3.43	10.5	0.013	0.3	0.024	nd	0.002	0.003	nd	0.034	0.018	0.546	0.003	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
586	407471.16	2770361.79	TEOTLAN	06-mar	8.2	2.91	0	3.6	20	1.59	8.51	8.22	0.17	10.8	3.73	17.8	0.024	0.476	0.004	0	0.006	nd	nd	0.035	0.029	0.969	nd	nd	nd	nd	nd	0.109	2.08
587	435085.17	2770530.31	VARGAS	11	8.03	1.06	0.16	4.4	5.82	0.27	2.38	2.11	0.17	5.2	3.47	9.53	0.038	0.53	1.177	nd	0.019	0	0.096	0.027	0.026	0.37	0	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
588	406173.48	2782995.81	VILLA HIDALGO	28	8.33	4.19	0.72	1.5	27.6	5.54	8.28	10.56	0.28	15.3	4.98	4.2	0.01	1.265	0.007	nd	0.013	0.006	nd	0.032	0.034	0.64	0.006	nd	nd	nd	nd	0.32	2.075
589	407070.23	2782757.27	VILLA HIDALGO	28-A	7.82	5.65	0	3.8	42.8	0.84	19.11	15.74	0.21	13.3	3.19	26	0.011	0.429	0.049	nd	0.016	0.026	nd	0.04	0.044	0.976	0.026	nd	nd	nd	nd	0.464	2.344
590	406977.13	2781925.81	VILLA HIDALGO	29	8.19	3.67	0	4.2	26	1.51	10.6	10.58	0.17	17.6	5.41	10	0.016	0.574	0.025	0.001	0.027	0.006	0.005	0.034	0.032	0.926	0.006	nd	nd	nd	nd	0.124	1.903
591	436397.62	2763462.51	YAQUIIS	2	7.77	2.35	0	3.2	15.2	1.11	9.89	5.54	0.32	7.3	2.63	9.56	0.022	0.348	0.013	nd	0	0.007	nd	0.028	0.033	1.09	0.007	0.002	nd	0	nd	0.19	0.875
592	437019.63	2762005.02	YAQUIIS	8	7.8	3.37	0	2.8	24	2.15	15.48	8.91	0.38	10.1	2.89	10.7	0.022	0.393	0.095	nd	0.001	nd	nd	0.031	0.04	1.775	nd	0.002	nd	nd	nd	0.199	1.67
593	435999.05	2761764.66	YAQUIIS	9	8.25	0.81	0.4	3.6	3.1	0.38	1.86	1.88	0.19	3.3	2.41	11	0.019	0.24	0.044	nd	0.003	0.006	nd	0.021	0.018	0.372	0.006	0.002	nd	nd	nd	N/A	N/A
594	441515.76	2764387.2	YAQUIIS	14	7.59	1.19	0	4.4	5.6	0.77	6.29	3.16	0.19	2.6	1.2	8.68	0.137	0.312	0.107	nd	0.005	0.001	0.147	0.028	0.016	0.677	0.001	0.003	nd	nd	nd	0.113	0.268
595	437373.13	2761135.75	YAQUIIS	16	8.06	1.21	0	3.6	7.76	0.17	3.59	3.18	0.28	4.4	2.39	12.3	0.019	0.26	0.251	0.023	0.011	0.032	0.066	0.03	0.024	0.629	0.032	0.004	0.014	nd	nd	N/A	N/A
596	439159.04	2761469.31	YAQUIIS	18	8.09	1.29	0.24	3.6	7.76	0.34	4.29	3.67	0.27	3.7	1.85	9.6	0.004	0.23	0.024	nd	0.002	0.002	nd	0.033	0.023	0.809	0.002	0.004	0.002	0	nd	N/A	N/A
597	441912.07	2763396.2	YAQUIIS	21	7.9	1.14	0	4.2	6	0.59	4.39	2.49	0.17	3.7	2	8.35	0.018	0.343	0.021	nd	0.001	0.002	nd	0.025	0.017	0.546	0.002	0.002	nd	0.001	nd	0.264	0.243
598	436535.65	2760287.19	YAQUIIS	22	8.03	1.27	0	3.6	6.8	0.49	4.53	2.44	0.18	5.1	2.73	7.28	0.03	0.329	0.261	0.001	0.004	0.002	0.049	0.024	0.022	0.592	0.002	0.001	0.004	nd	nd	0.54	0.514
599	440701.37	2761026.88	YAQUIIS	26	8.16	1.44	0	4	8.4	0.62	3.48	2.57	0.21	6.8	3.91	7.03	0.019																

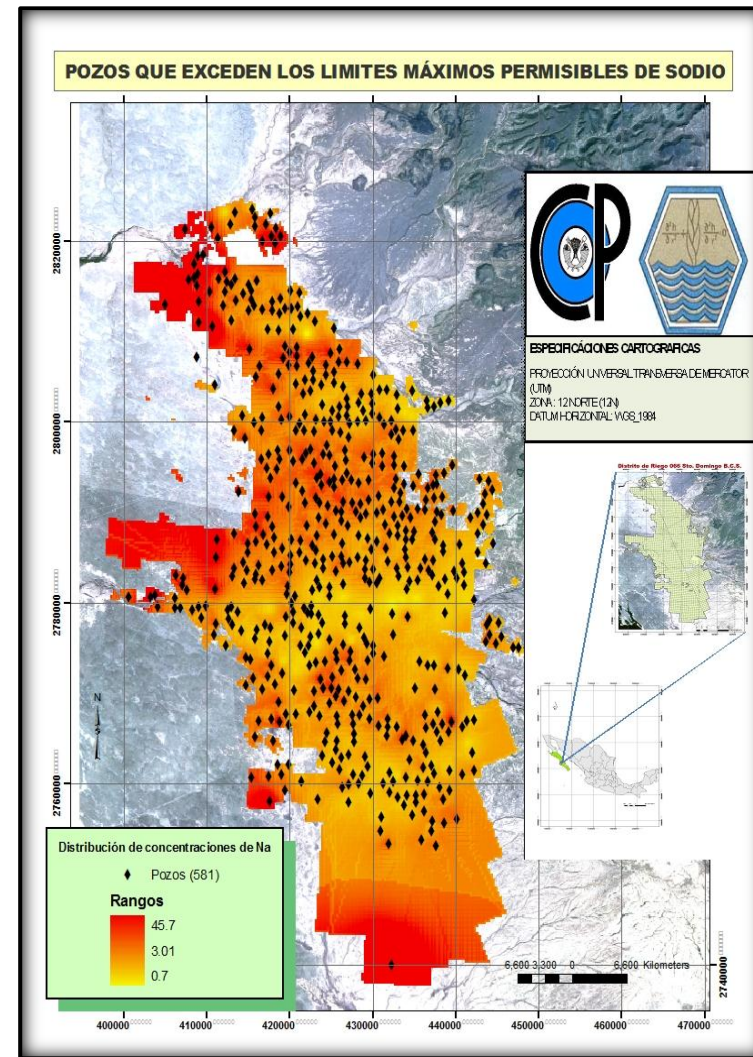
Anexo.2. Identificación de los pozos que exceden y no los LMP de salinidad.

POZOS QUE EXCEDEN LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE SALINIDAD																														
Parámetro	pH			CE	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		RAS		Mg ²⁺			Na ⁺		N-NO ₃ ⁻¹											B				
Número de pozos	70			600	578	38		556		63			581		377											600				
IDENTIFICACION DE LOS POZOS POR NÚMERO	3 174 374			TODOS LOS POZOS	TODOS LOS POZOS, EXCEPTO:		6 460		TODOS LOS POZOS, EXCEPTO:		1 279 622			TODOS LOS POZOS, EXCEPTO:		1 56 93 128 156 254 351 418 452 493 531 566 609 641 671 701											TODOS LOS POZOS			
	43	177	377		37	9	487	37	451	6	314	623	37	6	57	94	129	159	257	352	419	453	494	532	567	611		642	672	702
	45	180	383		40	10	517	89	452	9	454	638	89	7	58	95	130	165	258	353	420	454	497	533	569	612		643	674	
	49	182	384		89	11	519	131	453	10	460	655	248	8	60	96	132	166	259	367	421	456	498	534	570	613		644	676	
	55	183	386		119	12	525	138	473	12	487	658	257	9	62	97	133	175	261	368	422	463	499	536	571	614		645	677	
	63	184	398		136	19	551	145	493	19	517	659	392	10	64	98	134	188	278	390	423	464	501	537	572	615		646	678	
	84	188	400		398	22	582	146	518	22	519	668	398	11	65	100	135	191	279	393	424	465	505	540	573	617		647	679	
	112	196	403		403	24	605	148	519	34	521	670	404	12	66	102	136	192	285	394	425	467	506	544	574	619		648	680	
	113	207	416		500	28	607	153	556	50	525	674	405	15	69	105	137	193	307	395	426	468	507	547	575	620		649	681	
	115	268	506		510	34	618	248	647	66	544	678	406	16	72	106	138	195	313	396	428	469	508	548	576	621		650	683	
	116	273	529		569	72	622	249	648	72	549	686	453	17	74	107	139	196	315	397	430	470	509	549	577	622		651	684	
	118	274	537		609	73	638	250	655	73	550	687	493	22	76	108	140	212	318	398	431	471	510	550	578	623		652	685	
	119	276	538		610	74	658	251	682	76	551	688	556	24	79	109	141	216	319	400	432	472	511	551	579	624		653	686	
	120	284	569		611	76		252	687	97	559		609	26	81	110	143	217	320	402	437	473	512	552	582	627		654	687	
	125	297	591		612	83		257	690	124	572		610	28	82	111	144	235	321	403	440	474	513	554	584	628		655	688	
	126	299	609		642	97		258	692	138	579		647	29	83	112	145	237	322	404	441	475	514	555	592	630		656	689	
	127	303	611		643	124		392	693	141	582		652	34	84	113	146	243	323	405	442	476	517	556	599	631		658	690	
	155	306	620		650	150		402	694	149	584		682	38	85	114	148	245	324	406	443	477	518	557	600	633		659	691	
	157	338	699		652	151		404	695	150	586		695	41	86	115	149	246	325	407	444	479	519	558	602	634		663	692	
	158	339	700		682	165		405	697	212	598		700	42	87	117	150	247	326	408	445	483	521	559	603	635		664	693	
160	347		684	237		406	698	216	605			43	88	121	151	248	327	410	446	486	522	560	604	636	665	694				
168	358		699	245		410		217	607			44	89	122	152	249	329	411	447	487	523	561	605	637	666	695				
169	361		700	279		420		234	617			46	90	124	153	250	346	413	449	489	525	562	606	638	667	697				
170	365			388		449		237	618			49	91	126	154	251	347	416	450	491	528	563	607	639	668	698				
172	366			454		450		245	619			51	92	127	155	252	350	417	451	492	529	565	608	640	670	699				

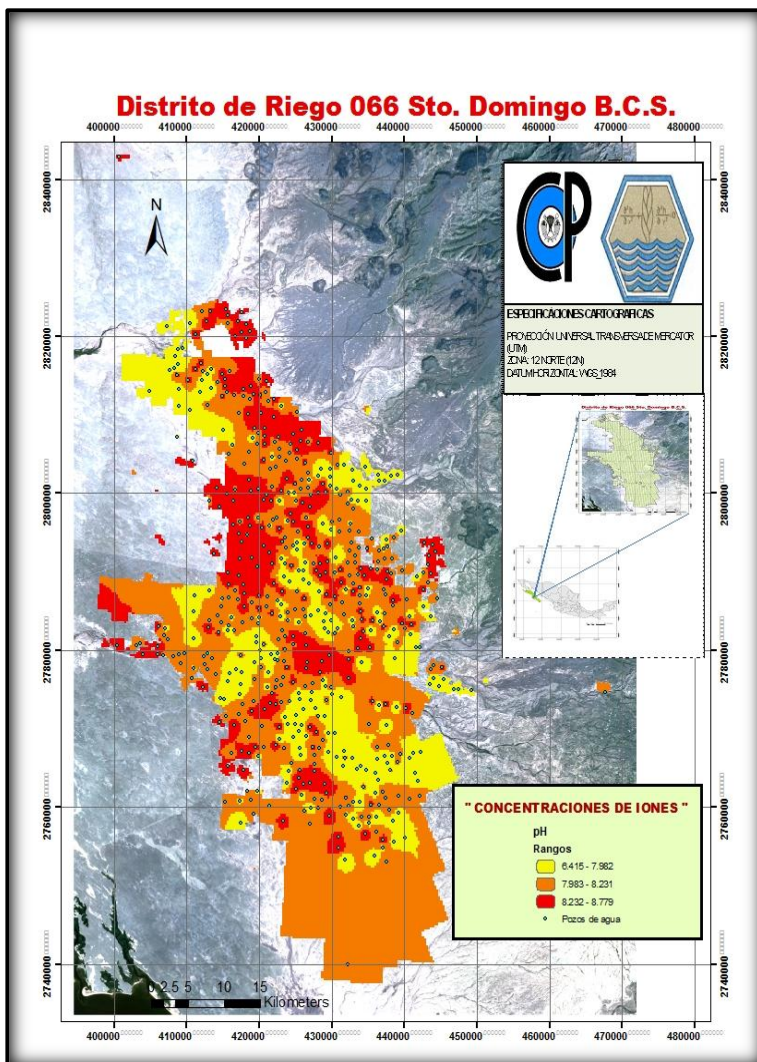
Anexo 3. Distribución de niveles de CE y localización de los pozos muestreados en el DDR 066.



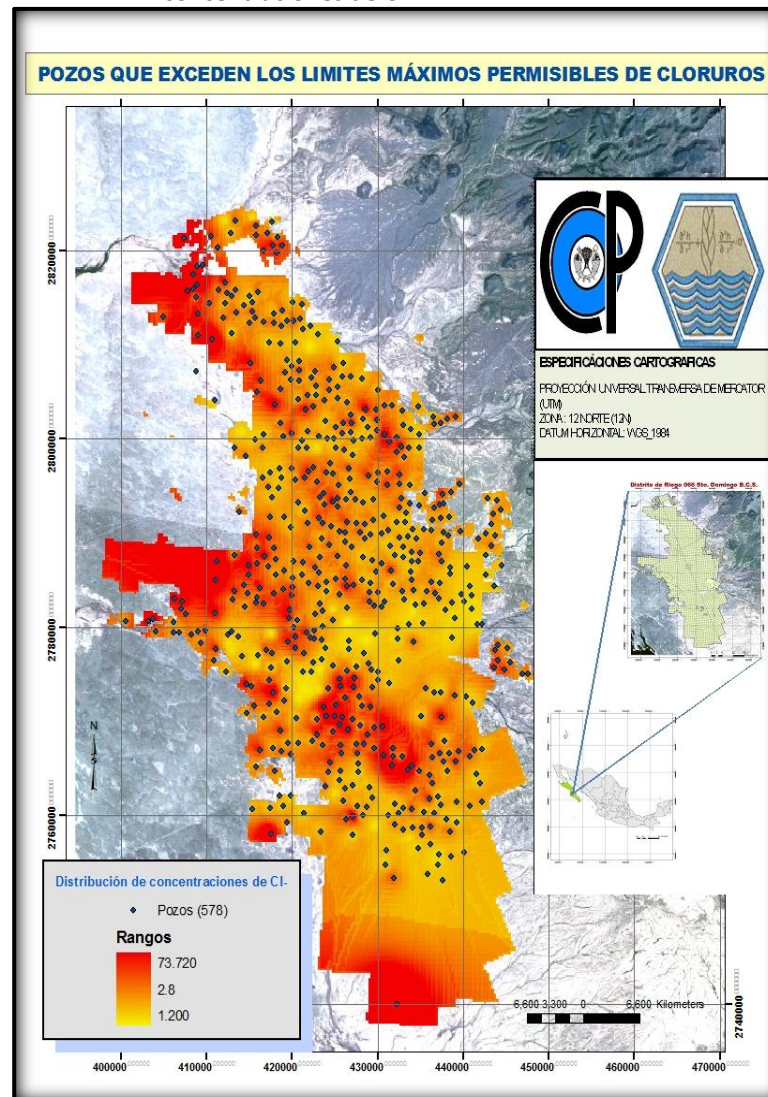
Anexo 4. Distribución y localización de pozos que exceden los LMP de concentraciones de Na.



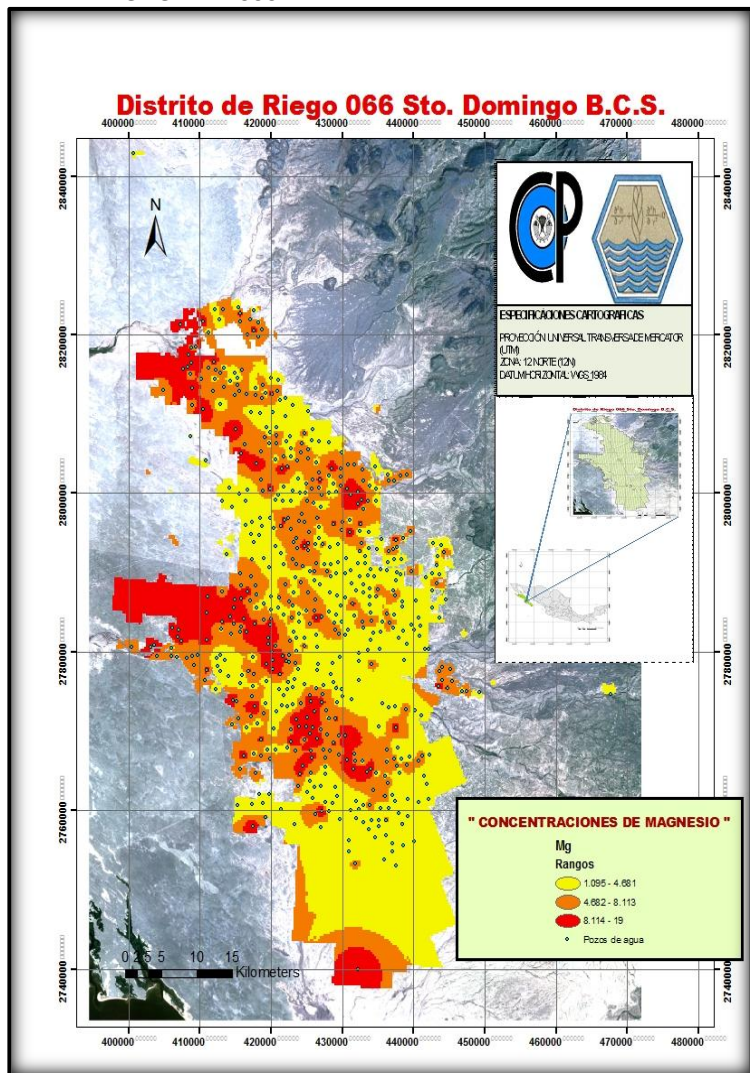
Anexo 5. Distribución de niveles de pH y localización de los pozos del DDR 066.



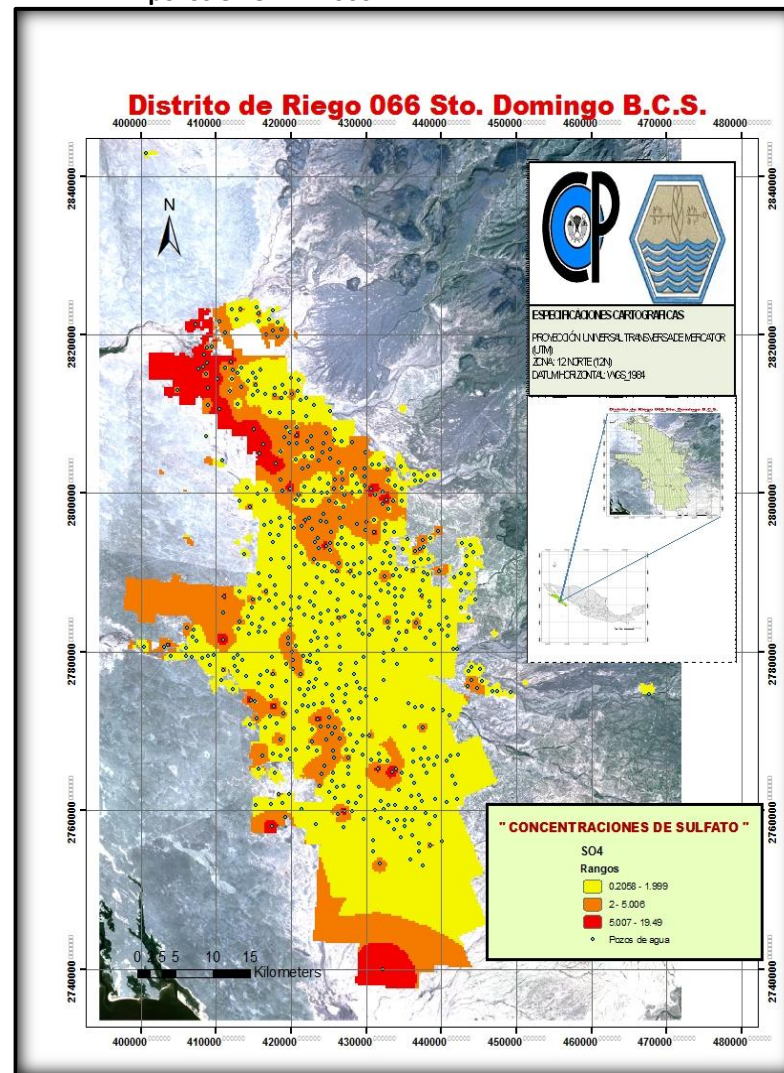
Anexo 6. Distribución y localización de pozos que exceden los LMP de concentraciones de Cl⁻.



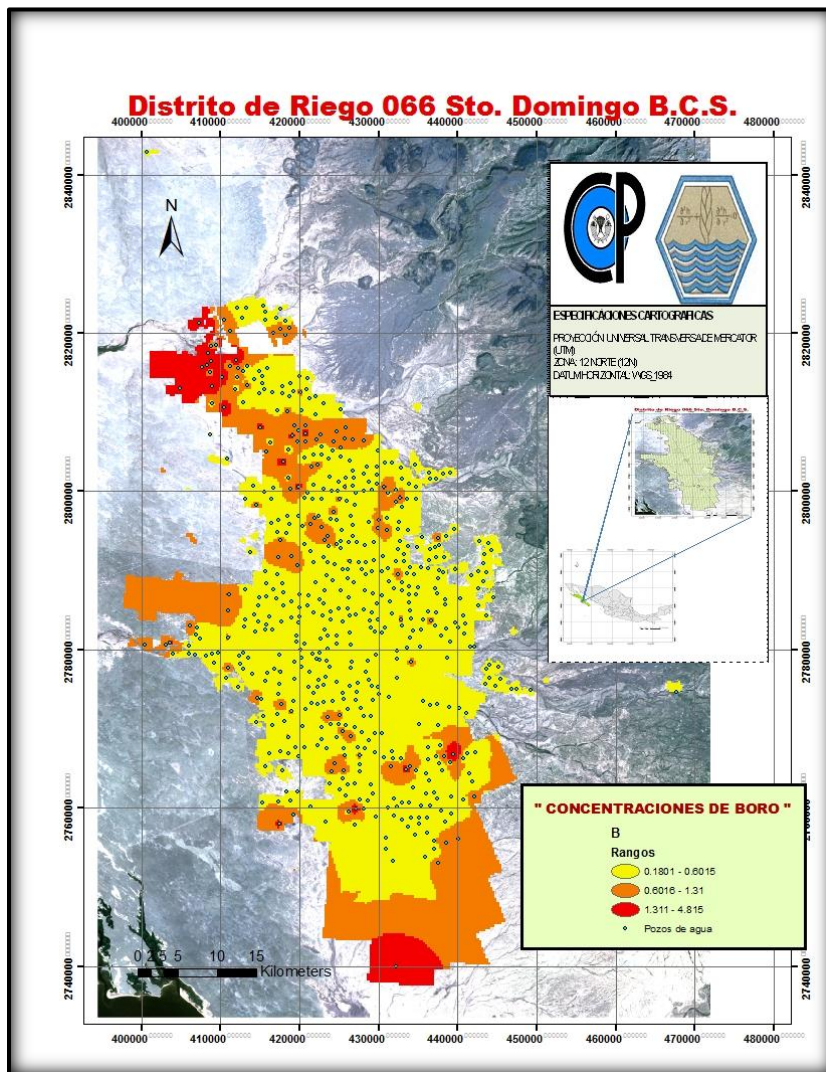
Anexo 7. Distribución de concentraciones de Mg y ubicación de los pozos en el DDR 066.



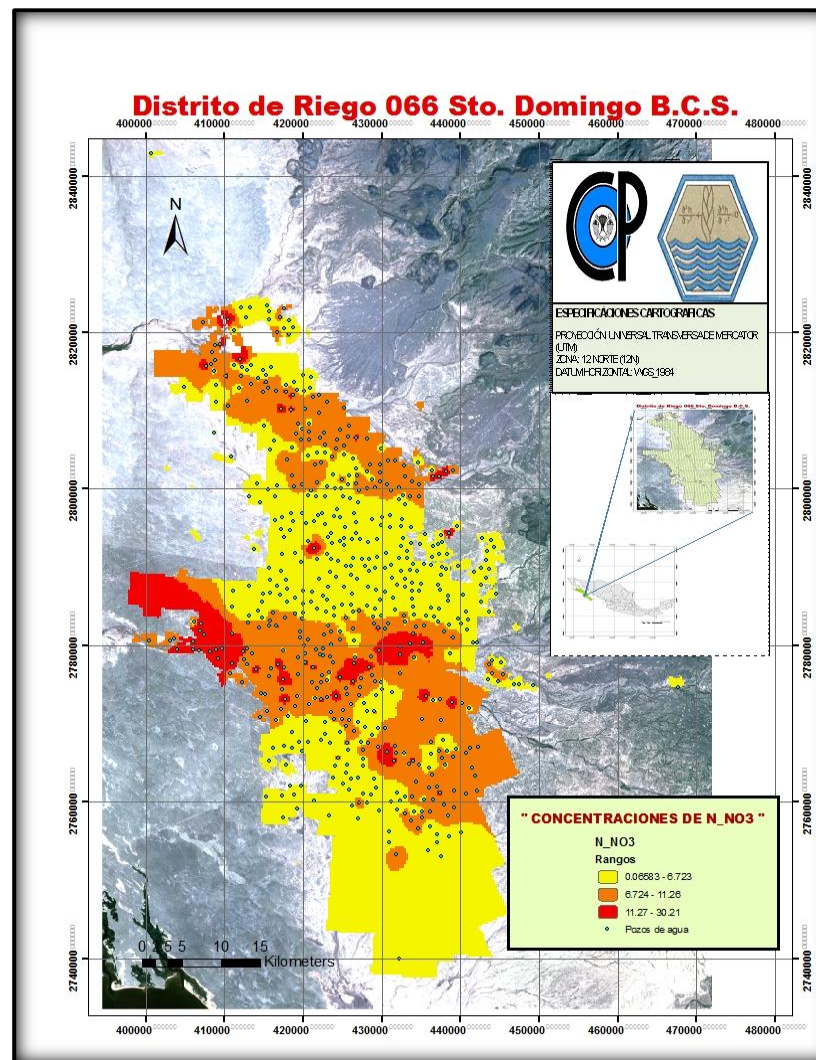
Anexo 8. Distribución de concentraciones de sulfatos y localización de los pozos en el DDR 066.



Anexo 9. Distribución de concentraciones de boro y localización de los pozos muestreados en el DDR 066.



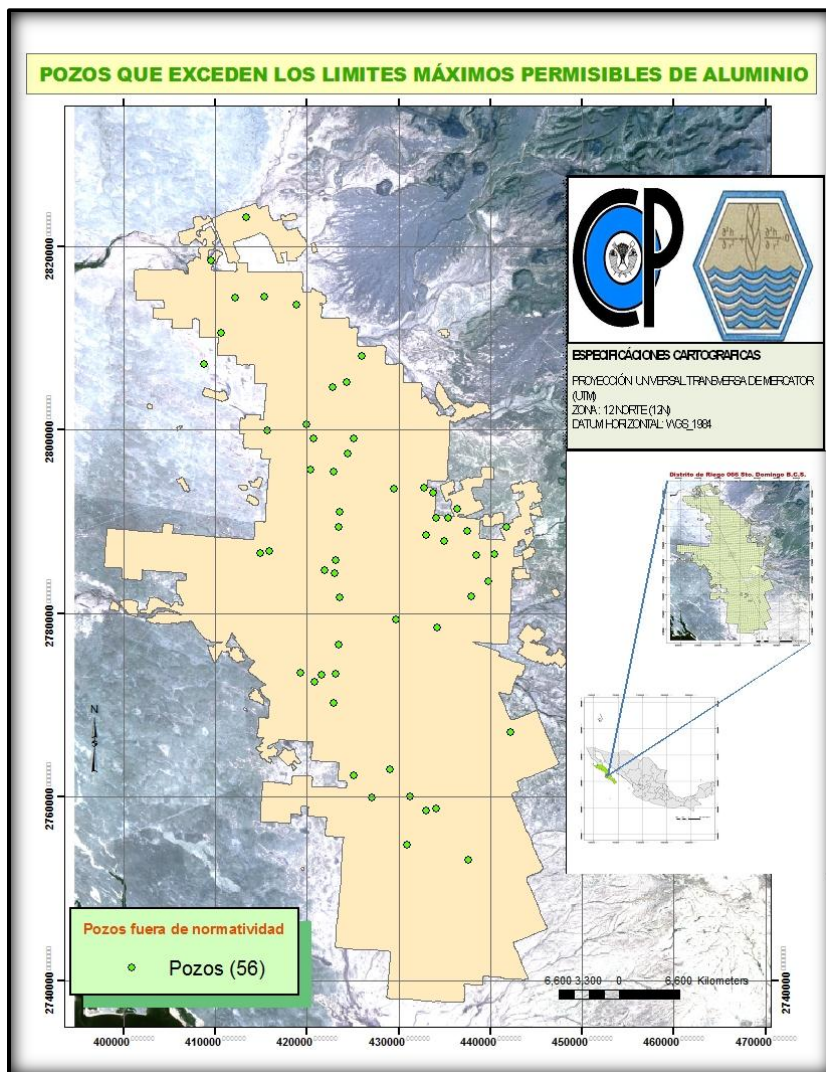
Anexo 10. Distribución de concentraciones de nitratos y ubicación de los pozos muestreados en el DDR 066.



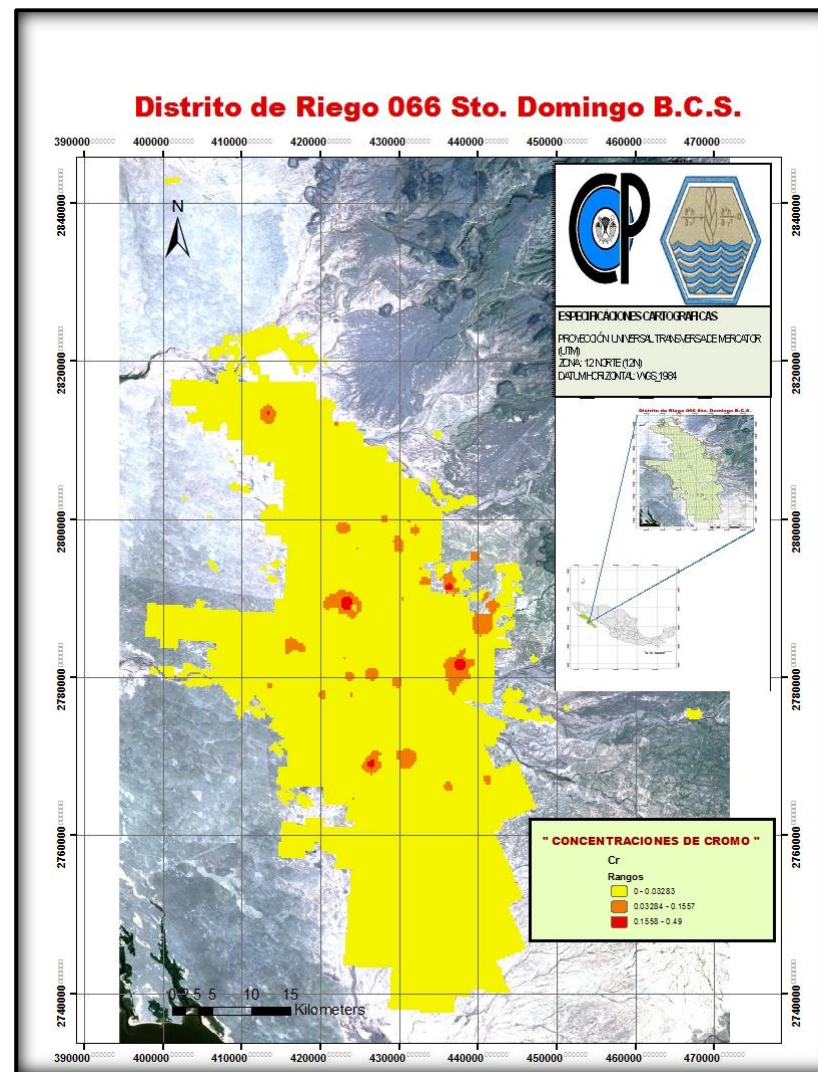
Anexo 11. Identificación de los pozos que exceden y no los LMP de metales pesados y otros elementos.

POZOS QUE EXCEDEN LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE METALES PESADOS																											
Parámetros	Número de pozos	Identificación de los pozos por número																									
Fe	127	1	3	8	22	23	32	34	38	49	66	70	76	101	105	108	112	124	125	134	150	159	160	163	168	180	680
		188	190	192	193	194	197	203	215	216	223	224	228	236	239	268	269	270	274	277	280	283	285	287	289	301	685
		305	325	332	334	335	336	338	339	345	358	361	362	363	364	367	375	376	395	408	411	413	424	425	428	429	
		440	449	456	461	464	471	472	474	485	486	489	493	497	499	501	502	504	505	507	511	512	513	517	519	521	
		525	529	533	535	546	555	558	559	565	569	577	582	585	587	609	610	612	614	630	638	647	656	662	663	667	
Cu	9	67	70	161	190	224	268	429	469	610																	
Mn	44	8	9	23	27	29	37	38	91	101	160	188	190	193	203	211	213	214	224	228	236	252	269	270	285	287	336
		339	367	376	395	408	424	425	460	461	507	513	522	533	582	587	612	619	656								
Zn	0	NINGÚN POZO EXCEDE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES																									
Al	56	8	22	23	26	38	55	67	101	108	112	118	124	125	159	160	163	168	190	193	194	203	215	216	223	224	228
		268	283	332	335	338	339	358	361	363	365	376	395	400	408	449	461	497	499	504	511	525	529	569	587	609	610
		612	647	677	680																						
Li	0	NINGÚN POZO EXCEDE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES																									
Cr	21	24	136	155	190	221	227	228	243	270	363	376	395	400	429	450	579	582	655	668	695	700					
Ni	18	24	57	58	68	69	90	111	140	146	190	254	258	267	502	512	513	630	678								
Pb	62	24	28	29	52	56	57	58	60	62	64	65	68	69	72	84	88	90	95	96	98	102	111	131	132	135	139
		140	141	145	146	148	153	188	190	221	234	249	250	251	252	253	254	258	259	267	276	279	374	395	429	449	469
		472	482	483	485	494	571	576	685	698	700																
Co	2	24	69																								
Cd	0	NINGÚN POZO EXCEDE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES																									
F	0	NINGÚN POZO EXCEDE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES																									
Br	566	1	10	15	16	17	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	34	35	36	37	38	52	53	54	55
		56	57	58	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72	73	74	76	79	80	81	82	83	84	85	86	87
		88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
		116	117	118	119	120	121	122	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	143
		144	145	146	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
		171	172	173	174	175	176	177	180	182	183	184	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	199	200	201	202
		203	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
		232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	257	258	259
		261	262	263	265	267	268	269	270	271	273	274	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	289	290	291
		293	294	295	296	297	298	299	300	301	303	305	306	307	308	309	311	312	313	314	315	316	325	326	327	329	330
		331	332	333	334	335	336	337	338	339	345	346	347	350	351	352	353	354	355	356	357	358	361	362	363	364	365
		366	367	368	370	374	375	377	378	381	383	384	386	388	389	390	391	393	394	395	396	397	398	400	402	403	404
		405	406	407	408	410	411	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	428	429	430	431	432	434	436	437	438
		440	441	442	443	444	445	446	447	449	450	451	452	453	454	456	457	460	461	463	464	465	467	468	469	470	471
		474	475	477	479	480	481	482	483	485	486	487	488	489	491	492	493	494	496	497	498	499	500	501	502	503	504
		505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	517	518	519	521	522	523	524	525	526	527	528	529	531	532	533	534
		535	536	537	538	540	541	543	544	546	547	548	549	550	551	552	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564
		565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	581	582	584	585	586	587	589	591	592	593	594
		595	596	597	598	599	600	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	617	618	619	620	621	622
		623	624	627	628	631	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653
654	655	656	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681		
682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	697	698	699	700	701	702								

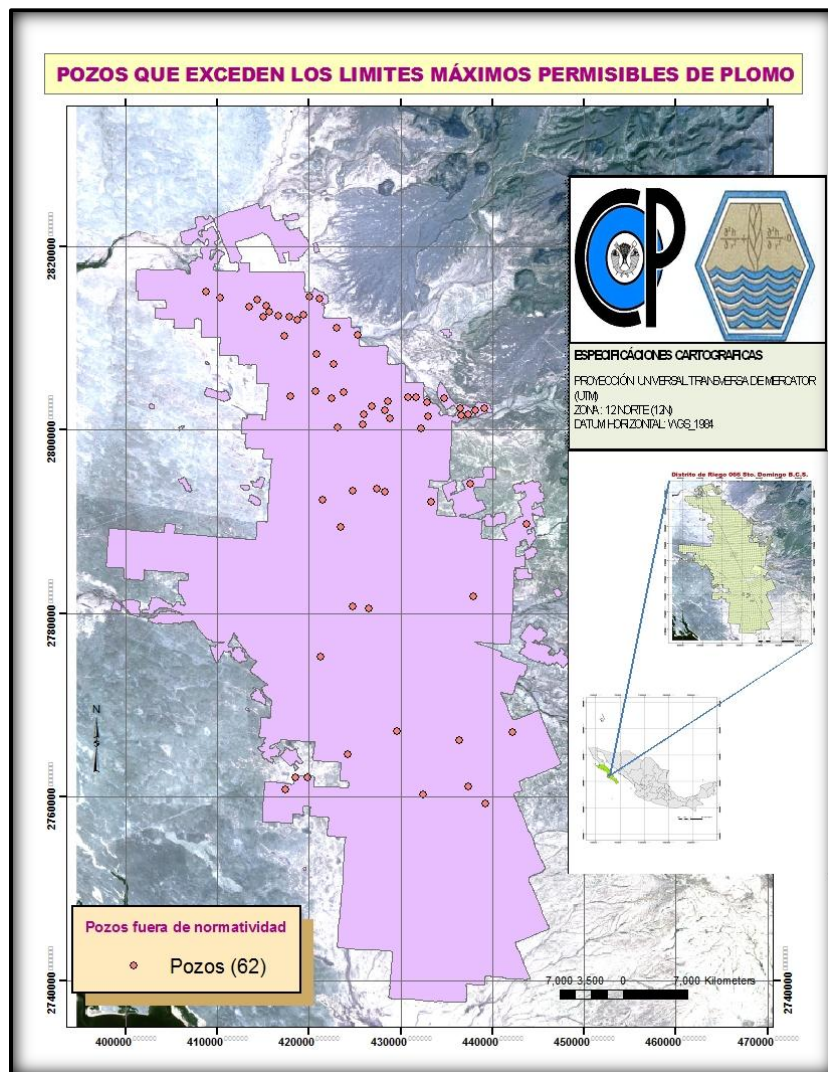
Anexo 14. Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Al.



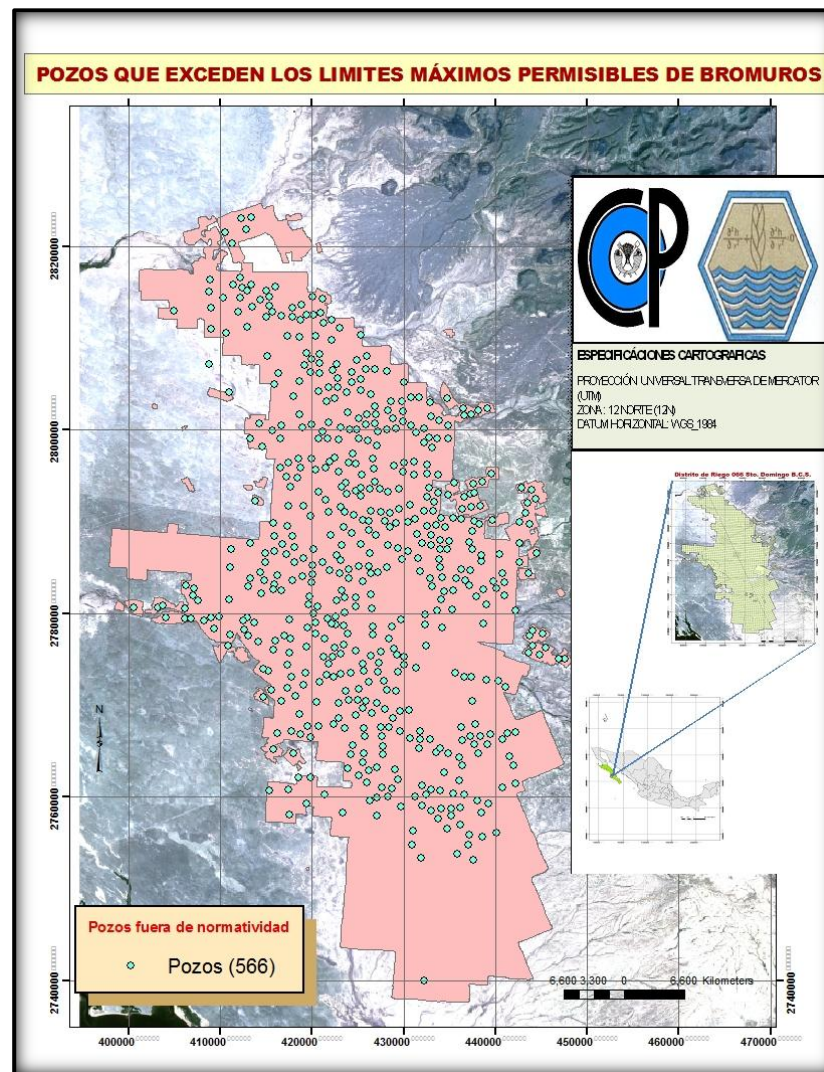
Anexo 15. Distribución de los niveles de cromo en el agua de los pozos del DDR 066.



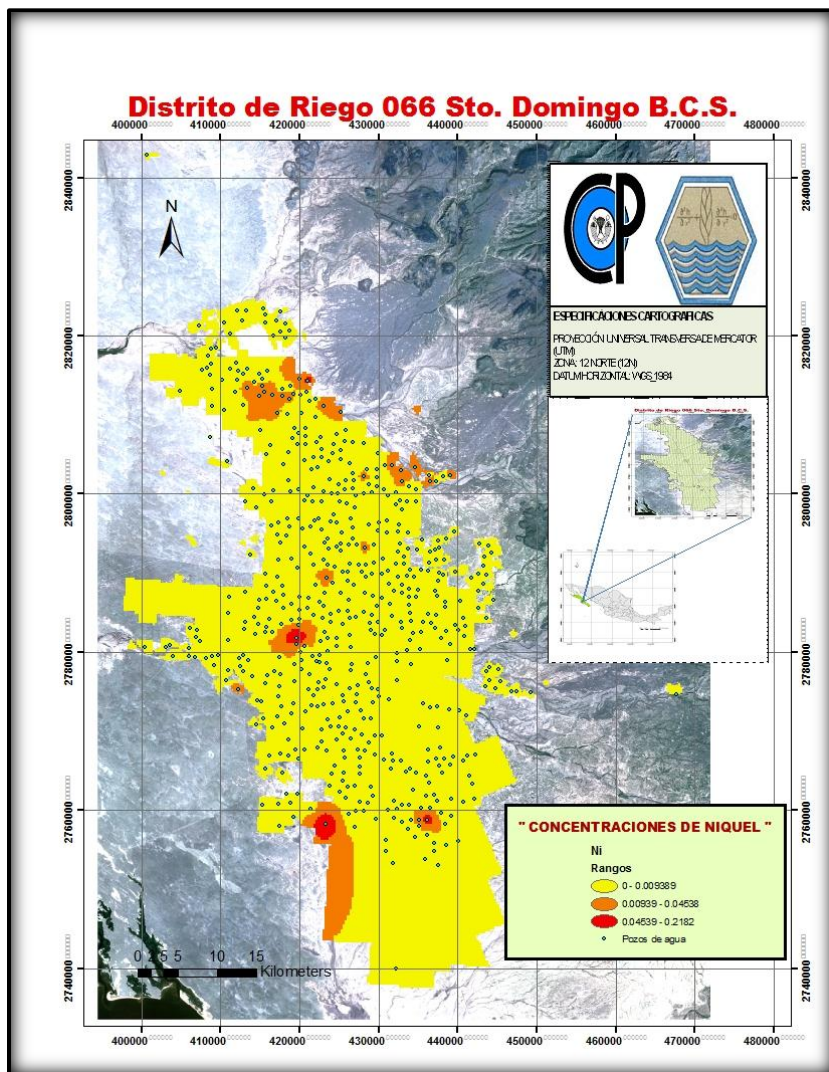
Anexo 16. Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Pb.



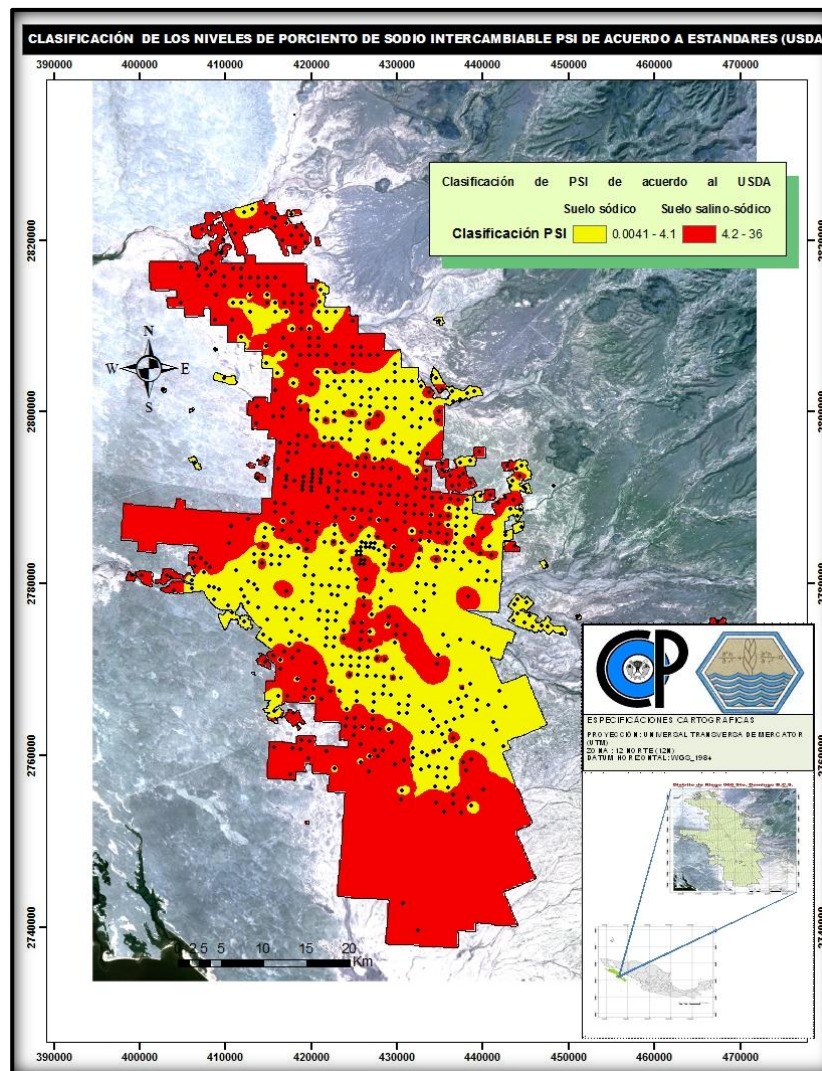
Anexo 17. Localización de los pozos que exceden los LMP de concentraciones de Br.



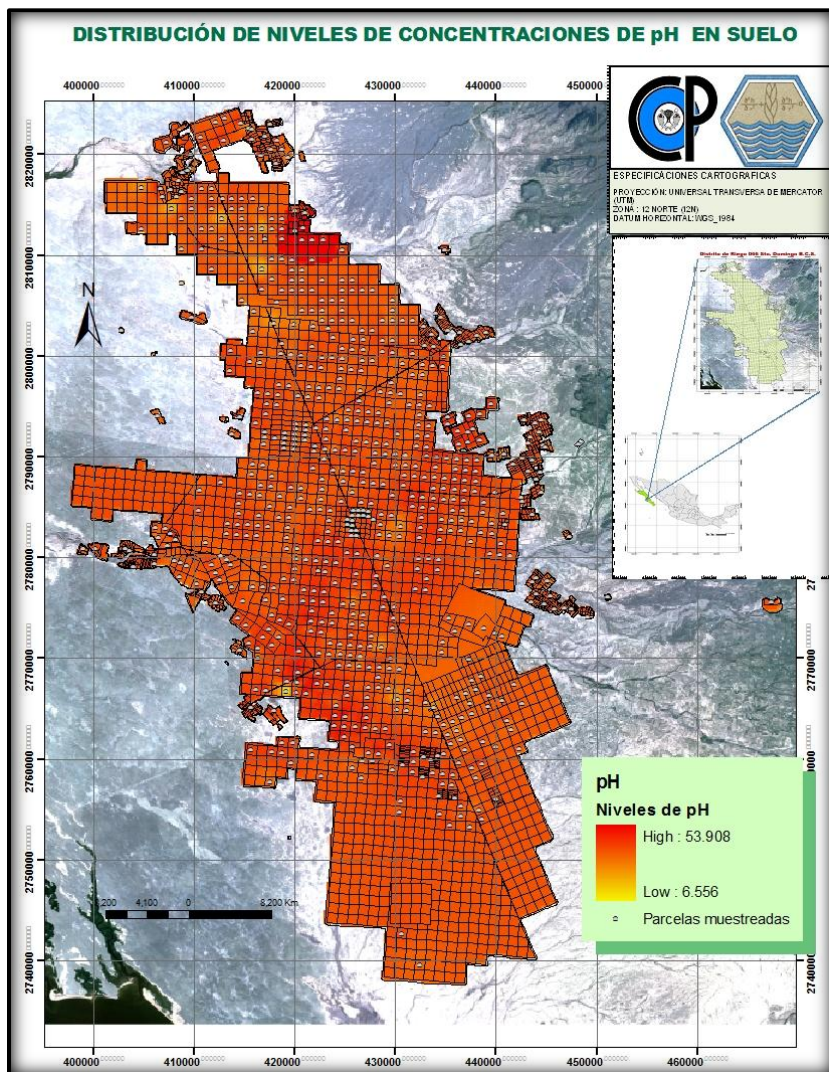
Anexo 18. Distribución de los niveles de níquel y ubicación de los pozos en el DDR 066.



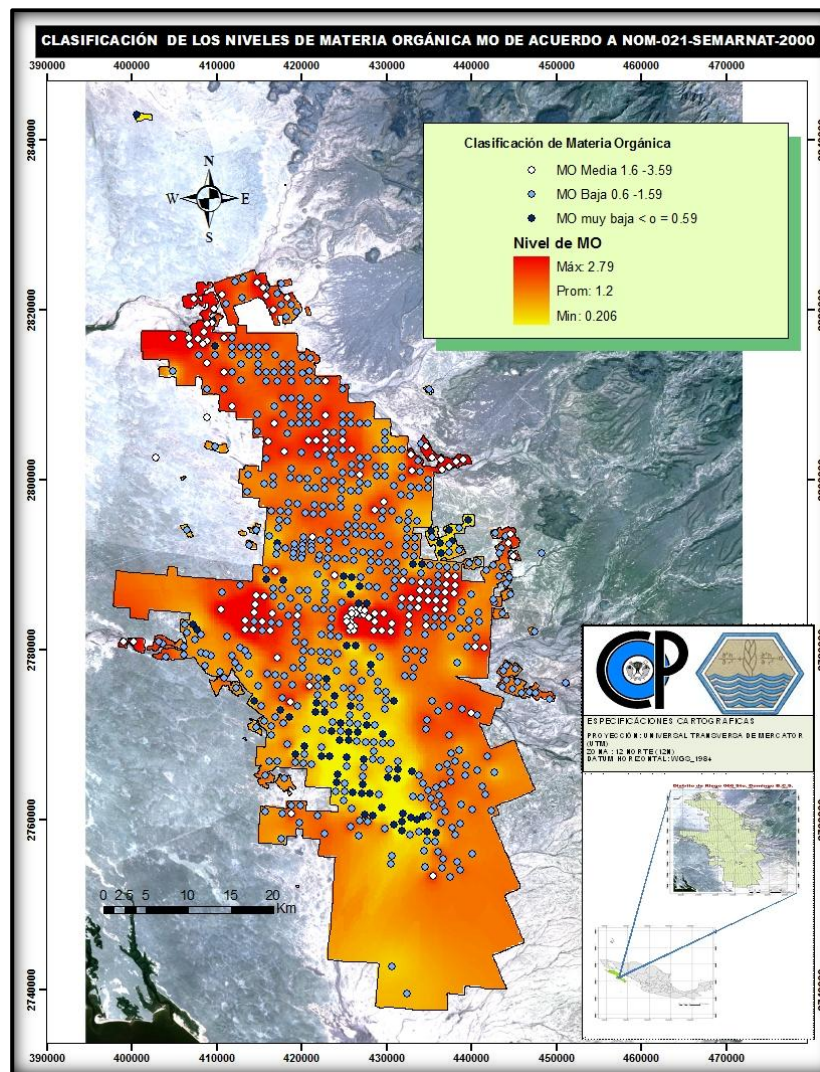
Anexo 19. Clasificación de niveles de PSI en el suelo, de acuerdo al USDA.



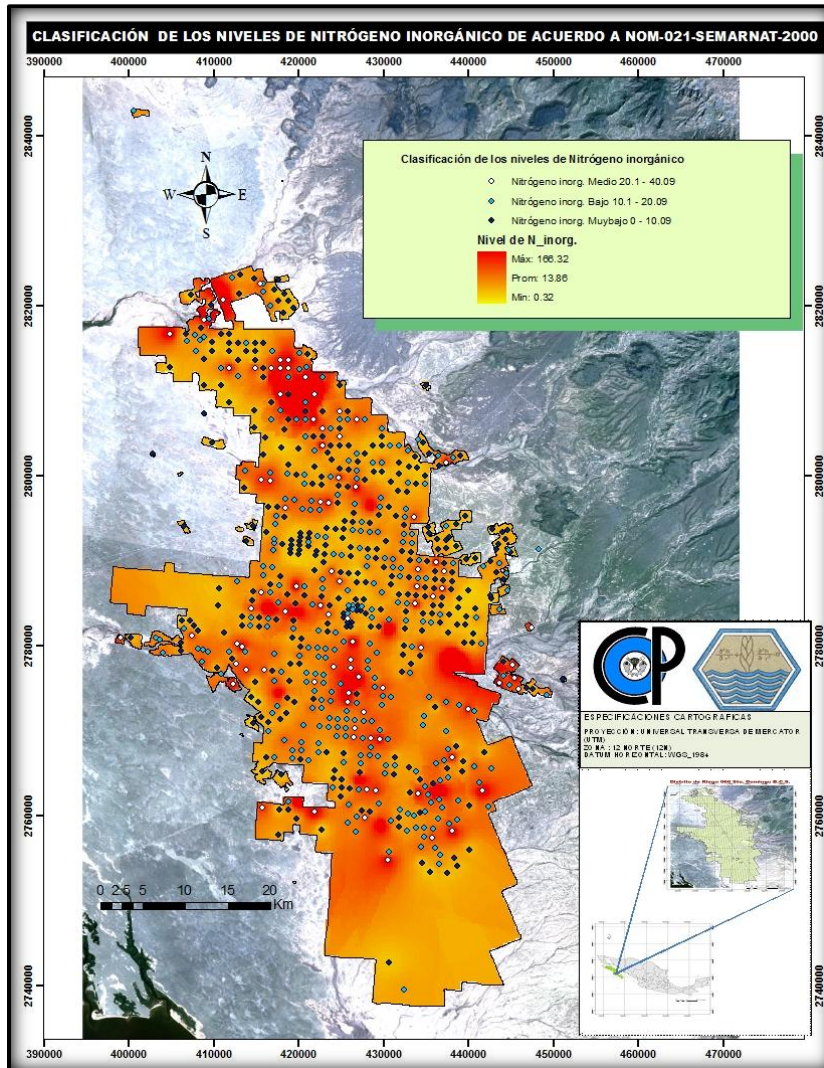
Anexo 20. Distribución de niveles de pH en el suelo y localización de sitios de muestreo en el DDR 066.



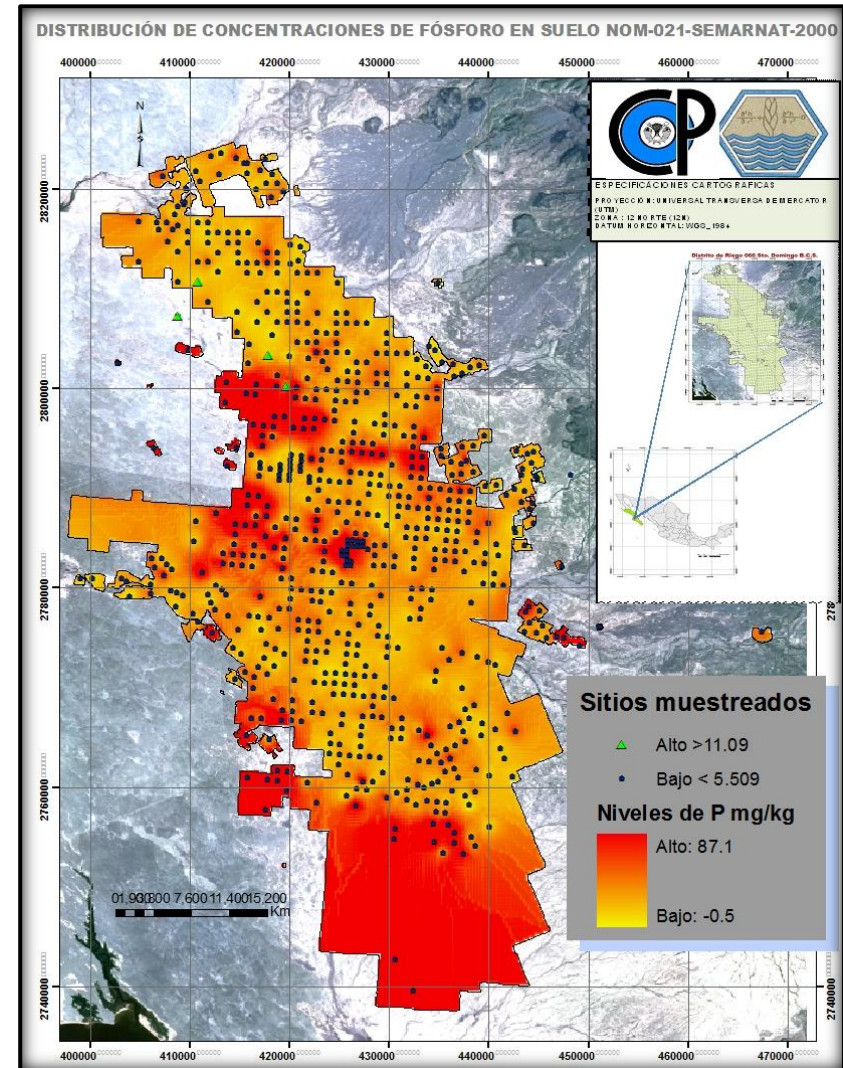
Anexo 21. Clasificación de niveles de MO en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.



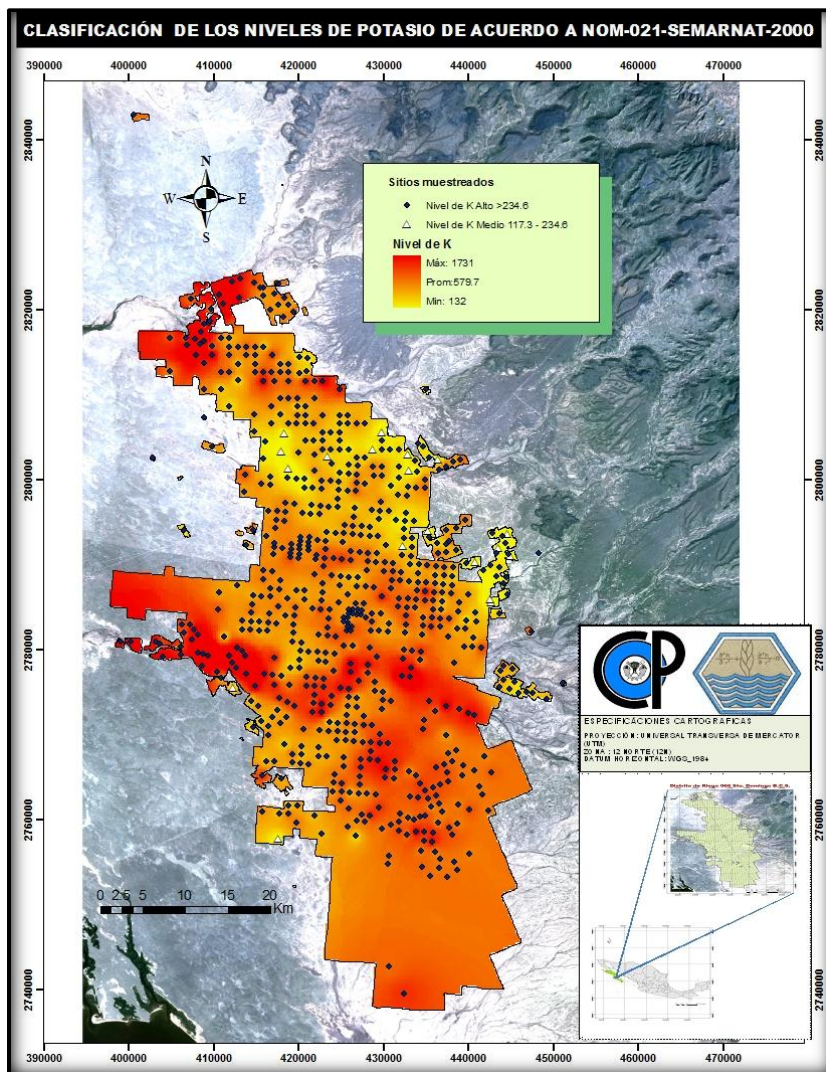
Anexo 22. Clasificación de niveles de Nitrógeno inorgánico en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.



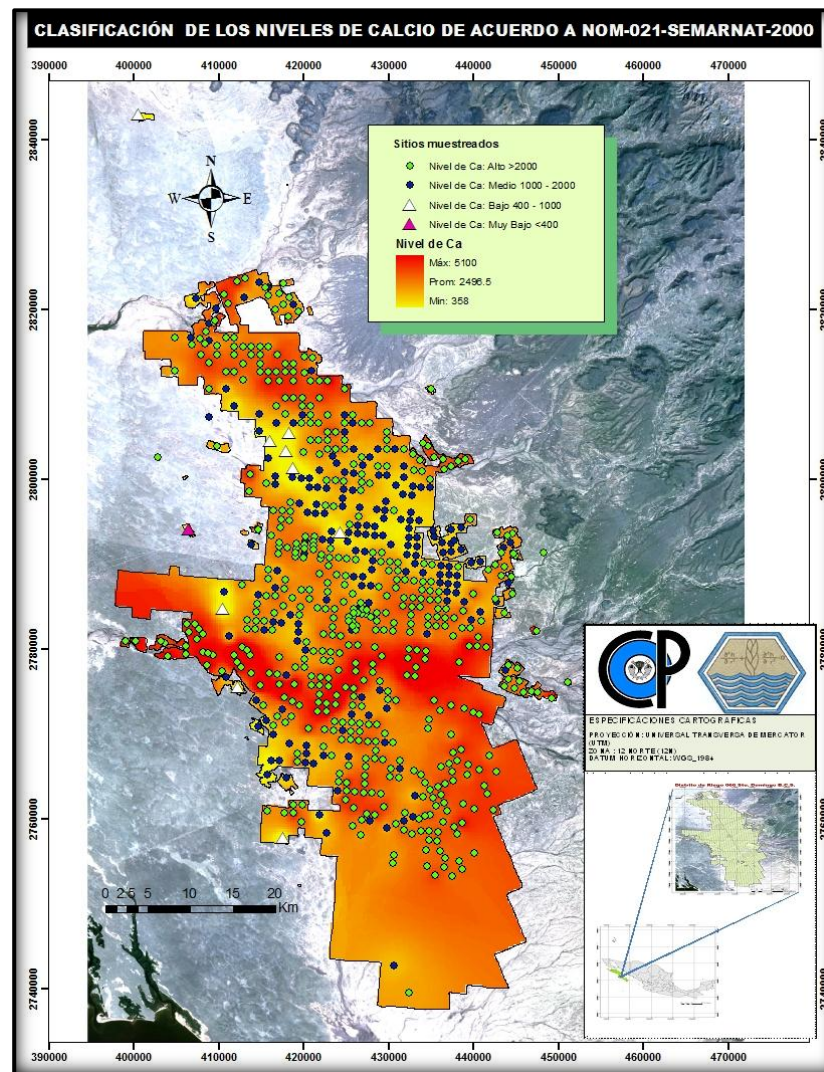
Anexo 23. Clasificación de niveles de P en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.



Anexo 24. Clasificación de niveles de Potasio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.



Anexo 25. Clasificación de niveles de Calcio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.



Anexo 26. Clasificación de niveles de Magnesio en el suelo, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

