

## Impacto del uso de agua residual en la agricultura

### *Impacto do uso de águas servidas na agricultura*

**María E. Guadarrama-Brito**

Universidad Autónoma Metropolitana

[mgb124@hotmail.com](mailto:mgb124@hotmail.com)

**Antonina Galván Fernández**

Universidad Autónoma Metropolitana

[loralalik@gmail.com](mailto:loralalik@gmail.com)

### Resumen

La escasez de agua para uso urbano y la dependencia del riego para la producción agrícola en zonas de rápido crecimiento demográfico, han contribuido a que a nivel internacional aumente el interés en el reuso del agua. Existen riesgos para la salud debido a la presencia de microorganismos y contaminantes como los metales pesados y mutagénicos; los primeros impactan a corto plazo, debido a la contaminación de alimentos que pueden provocar, y los segundos impactan a largo plazo, contribuyendo a la salinización de suelos, lo que detrimenta la productividad para eventualmente derivar en el abandono de terrenos. El reuso del agua residual en la agricultura se ha convertido en una necesidad, la cual debe ser considerada como una alternativa, aunque no ha sido evaluada en los aspectos de contenido y migración de contaminantes, en particular de metales pesados.

Algunos de los metales pesados pueden formar parte natural del suelo en cantidades que no resultan tóxicas para los seres vivos; sin embargo, la industrialización ha provocado un aumento de la presencia de estos en las aguas residuales que se utilizan para riego, con el consecuente riesgo para la salud humana y ambiental. El proceso de migración y fijación de contaminantes dentro de un sistema cerrado, dependerá de la capacidad de absorción por parte de los subsistemas agua-suelo-planta, aplicación de tasas de riego (concentración del contaminante), y de la persistencia y toxicidad de los contaminantes.

El estudio aquí presentado, evalúa las tasas de migración de metales pesados presentes en

un agua de riego, a través del sistema agua-suelo-planta; la evaluación se realizó con material del distrito de riego 028-Tulancingo que recibe aguas residuales de origen industrial, con presencia de Cobre, Manganeseo y Zinc para diferentes grados de impacto.

**Palabras clave:** agua residual, suelo, planta.

## Resumo

A escassez de água para uso urbano e dependência de irrigação para a produção de culturas em áreas de rápido crescimento da população, têm contribuído para o aumento do interesse internacional na reutilização da água. Existem riscos para a saúde devido a presença de microorganismos e contaminantes tais como metais pesados e mutagénico; o primeiro impacto no curto prazo devido à contaminação de alimentos que podem causar, eo segundo impacto a longo prazo, contribuindo para a salinização do solo, que detrimenta produtividade para, eventualmente, levar ao abandono das terras. A reutilização de águas residuais na agricultura tornou-se uma necessidade, que deve ser considerada como uma alternativa, mas não foi avaliada nas áreas de conteúdo e a migração de contaminantes, incluindo metais pesados.

Alguns dos metais pesados pode formar uma parte natural do solo em quantidades que não são tóxicos para os seres humanos; No entanto, a industrialização causou um aumento na presença destes em águas residuais usada na irrigação, com o conseqüente risco para a saúde humana e do meio ambiente. O processo de migração e fixação de contaminantes dentro de um sistema fechado, dependem da capacidade de absorção por parte da água sub-solo-planta, as taxas de aplicação de irrigação (concentração de contaminante), e a persistência e toxicidade contaminantes.

O estudo aqui apresentado, avalia as taxas de migração de metais pesados presentes na água de irrigação através de sistema de água-solo-planta; A avaliação foi feita com material de irrigação Distrito 028-Tulancingo recebe as águas residuais de indústrias, com a presença de cobre, manganês e zinco para diferentes graus de impacto.

**Palavras-chave:** águas residuais, solo, planta.

**Fecha recepción:** Octubre 2014

**Fecha aceptación:** Diciembre 2014

## Introdução

Agricultura e as zonas rurais do México foram significativamente impactados pela recente implementação de políticas agrícolas. Enquanto as conquistas deste processo ter sido muito benéfico para a economia como um todo, os resultados em termos de alcançar um maior desenvolvimento rural têm sido inferiores às expectativas, realizada no início das reformas.

Mudanças no uso da terra, a pressão urbana sobre terras agrícolas e à ausência de uma gestão adequada das bacias hidrográficas nas últimas décadas gerou um agravamento dos problemas de erosão, o desflorestamento e as inundações. Por outro lado, o desenvolvimento econômico apresentado pelo país, tem causado grande pressão sobre os recursos naturais renováveis, tendo sido diagnosticado com vários problemas, tais como o solo e a água e poluição do uso excessivo do mesmo, como resultado da superexploração; situação que provoca sérios conflitos para diferentes tipos de usuários dentro de bacias hidrográficas.

A necessidade de proteger o ambiente de aumento dos níveis de poluição, adquiriu importância internacional; ONU através dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ONU, 2010) afirma que os objetivos 7 e 7,3 são "incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e reverter a perda de recursos ambientais, e reduzir a proporção de pessoas sem acesso sustentável à água potável e ao saneamento básico, respectivamente "Estes são os objetivos mais atrasados a nível mundial, enquanto a nível nacional têm enormes disparidades: enquanto nos grandes centros urbanos Cidade do México e Guadalajara, o acesso a água limpa é quase 100%, dispersas comunidades rurais não exceda 35%. Este problema decorre da efetiva disponibilidade de água é reduzido em desequilíbrios provocados pelo aumento da demanda, a ineficiência e aumento dos níveis de poluição (Guzman et al., 2006).

O desequilíbrio entre demanda e disponibilidade de água depende de três coisas: a primeira é a disponibilidade natural, que é a quantidade de água da torneira e suscetível dependendo do clima e geografia; em segundo lugar, é o crescimento da população, que envolve não só

o aumento da população, mas também o aumento da procura de satisfação para a população, por isso requer mais alimentos, material de uso direto e indireto e serviços. Na terceira parte ele tem aumentado significativamente o volume de água é descarregada sem tratamento em rios naturais e terras agrícolas, e são o produto de descargas de águas residuais.

Tratamento e reutilização da água desempenham um papel fundamental na administração e gerenciamento deste recurso em todos os países. Os tipos mais comuns são a reutilização de uso de água tratada em atividades agrícolas, industriais, de lazer e de recarga. Como para recarga de águas subterrâneas em vários países que têm realizado pesquisas para medir a saúde pública associados com agentes patogênicos, vírus, impactos metais pesados e, em geral, transporte de poluentes. Desde 1992, foram desenvolvidos os regulamentos para controlar esta actividade (Arreguin et al., 2000).

Uma das alternativas para tentar resolver, em parte, a falta de água, é a utilização de águas residuais para irrigação agrícola, gerada tanto pela população urbana, como indústrias. Entretanto, poucos estudos relacionados com a qualidade da saúde e da produtividade agrícola desses recursos hídricos. No México, há pouca pesquisa sobre a utilização de nutrientes, avaliação da qualidade sanitária em determinadas culturas, e as propriedades físicas e químicas do solo devido à irrigação com águas residuais (Rascon et al., 2005).

A água de irrigação uso de má qualidade é cada vez mais comum na prática do mundo, porque é uma fonte barata para áreas com padrões de chuvas erráticas e a crescente escassez de água para irrigação (Sancho et al, 2005;. Rivera 2007 ).

A utilização de águas residuais para irrigação tem suas origens na construção de uma saída de esgoto para o Vale do México. Em 1890 eles começaram a usar essas águas na região de Valle del Mezquital em Tula, Hidalgo, para irrigação por inundação de cereais, vegetais e forragem como a alfafa. Não houve controle sanitário, até o surgimento do NOM 032 e 033 na versão de 1988. NOM Ecológica Norma Técnica 067 completaram o quadro regulamentar, que agora está incluído no NOM 001 / ECOL-196 (Siebe, 1994; Jimenez et al., 1996, Arreguin et al, 2000;. Vivanco et al, 2001) ..

De acordo com as informações das organizações de bacias e os endereços locais Conagua a dezembro de 2011 estavam no país em 2289 plantas operação formal, com uma capacidade instalada total de 137,1 m<sup>3</sup> / s (De la Pena et al ., 2013). O fluxo recolhidos para 2011 foi de 218 m<sup>3</sup> / s, que foram tratados 117,9 m<sup>3</sup> / s, esta é uma taxa de tratamento de 54,1% eo resto é descarregado em corpos de água de processo, antes limpo (Conagua, 2012).

O principal uso das águas residuais no México é agrícola. A área dedicada à agricultura no México varia entre 20 e 25 milhões de hectares, com uma área colhida de 18 a 22 milhões de hectares por ano (Conagua, 2006). A Tabela 1 apresenta a informação na área agrícola nacional é apresentado.

Tabla 1. Superficie agrícola.

	ha	%
Superficie agrícola nacional	31 017 889.0	
Superficie cosechada	18 575 613.6	0.599
Superficie de temporal	16 209 962.2	0.523
Superficie de riego	5 414 055.0	0.175
Superficie regada con agua residual	280 000	0.009

Construcción propia, datos INEGI 2005.

No entanto, apesar da importância da irrigação agrícola e seu impacto potencial sobre a saúde humana e ambiental, não há acompanhamento e avaliação dos impactos relacionados com o uso de águas servidas na agricultura, tais como: a salinização do solo, poluição superficiais e subterrâneas, a fixação ea migração de contaminantes em solos e plantas, e seu potencial impacto sobre o consumo de alimentos pelo ser humano.

A exposição a estes poluentes é tipificado em três formatos, de acordo com os efeitos na saúde humana: mutagénicas, tóxicas e bioacumulativas (OPAS e regras da EPA, 2014); provocando efeitos sobre a primeira cadeia de DNA, modificando as estruturas de informação genética e, portanto, induzem a fragilidade indivíduos contra certas doenças ou condições ambientais. Este último refere-se a imediata ou dentro do tempo de vida do

indivíduo exposto danos e modificar os tecidos e órgãos; este último refere-se à acumulação de elementos em certos tecidos de indivíduos, sob certas condições e as taxas de efeitos adversos à saúde, mas que excedeu os limites, idade ou condições ambientais desencadeiam uma série de condições.

- Danos Tóxico: efeitos degenerativos sobre atividades biológicas e tecidos no curto prazo. Estes efeitos podem ser mitigados em condições de condução específicas e medicação. Esse tipo de dano é evidente na população economicamente ativa, com o tempo de 5 ou mais anos de trabalho, é enfatizado em idade reprodutiva para as mulheres, e para o fim da fase de produção em homens.
- Bioacumulação: Os elementos se acumulam em qualquer tecido passivamente; No entanto, as condições ambientais ou excedeu os limites efeitos não são reversíveis cadeia induzir efeitos degenerativos nos órgãos. Exemplos são a tuberculose industrial, o que deteriora o tecido pulmonar e alterações climáticas a temperaturas mais baixas desencadear o quadro clínico. Eles identificam principalmente com a população em processo de retirada com a mudança de hábitos e processos de deterioração constantes em saúde. Em um outro espectro da população, os homens com os processos de trabalho degenerativas são derivados, por isso, é difícil diferenciar.
- Mutagénios: Os compostos são aqueles em que mutagénicos alta capacidade de troca catiónica venha a modificar as cadeias proteicas de DNA, que, em primeira instância, ou substituir partes partidas da cadeia. A maioria das mutações pontuais são de ordem, de modo que não há manifestações poderosas do indivíduo. Os principais efeitos estão no nível molecular, onde as pessoas mostram a vulnerabilidade a certas condições, condições ambientais ou de condições crônicas. O espectro da população que é mais identificada em bebês e crianças em desenvolvimento.

Actualmente, existem normas: NOM-001 ECOL-1996, NOM-127-SSA1-1994 e Lei Nacional da Água, que são responsáveis por colocar limites sobre as descargas de conteúdo e tipo de poluentes; Estes padrões são a primeira fronteira na protecção do ambiente e os seres humanos no país, no entanto, data da década de noventa, embora recentemente, em

2006 e 2010 as revisões incorporou uma série de novos conceitos sobre proteção ambiental eles não foram avaliadas de forma eficaz, como é a configuração e a migração dos metais pesados.

Hoje sabemos que as rotas de migração de poluentes e os efeitos destes são mais extensa do que se pensava anteriormente. Assim, descargas de águas residuais pode atingir os seres humanos por um) a irrigação agrícola, b) o consumo direto de gado, c) uso do homem, mas os impactos será determinada pela capacidade de absorção de cada elemento na cadeia transmissão (figura 1).

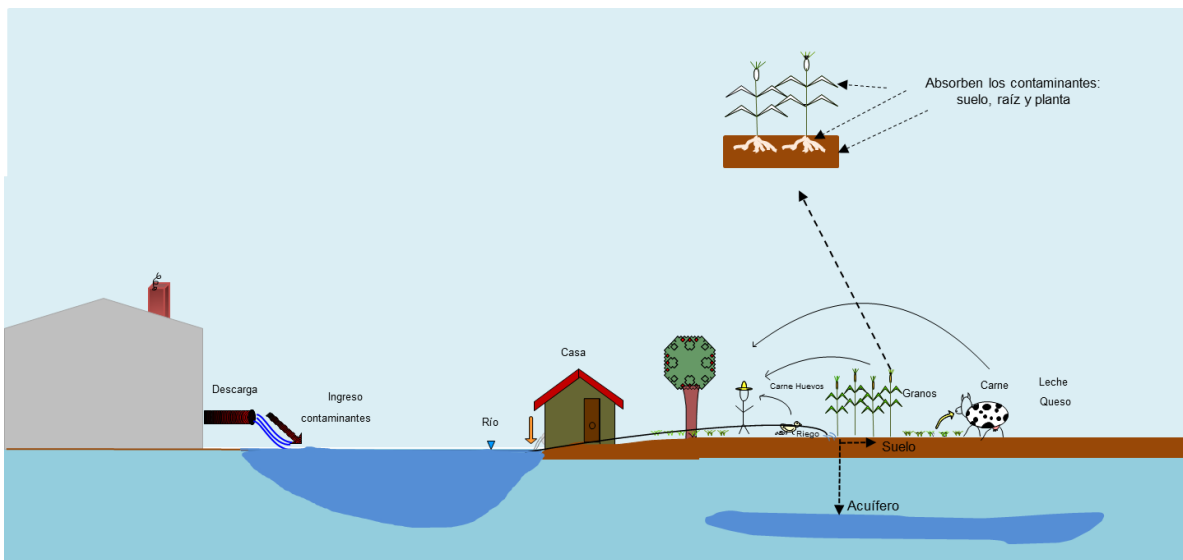


Figura 1. Rotas de migração de contaminantes.

A partir desta figura possíveis vias de migração de contaminantes são determinados a partir da água com a qual é revestida, de modo humano; A Figura 2 mostra as vias possíveis de migração.

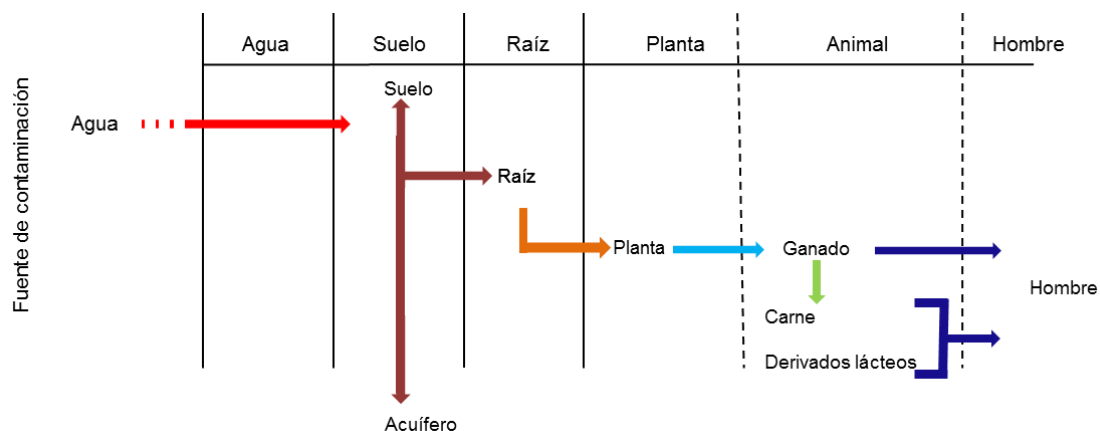


Figura 2. Caminho de migração de contaminantes da água pelo homem.

Como mostrado, a rota é através de alimentos derivados de animais, como: carne e produtos lácteos. Este último não é um acidente, de acordo com as regras que nós sabemos que o impacto dos metais pesados nos seres humanos quando os alimentos vegetais são ingeridos diretamente são claramente identificáveis, de modo que foi estabelecida como uma medida de proteção "só pode ser irrigada com águas residuárias contendo metais pesados, plantas destinadas ao consumo animal".

Você precisa determinar os limiares de downloads no âmbito dos novos contextos, tanto da qualidade da água e do manejo da irrigação agrícola, pois determinam as taxas de contaminantes que possam afetar os seres humanos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar a absorção e fixação de um contaminante através de um ecossistema, deve entender-se; um ecossistema é o espaço formado por componentes bióticos e abióticos que interagem para cumprir as funções vitais de reprodução e acumulação de biomassa; Quando o processo é estável, diz-se estar em equilíbrio. Para isso, o ecossistema é aberta para captar a energia e materiais a partir de fontes externas (por exemplo, chuva e radiação solar). Depois de fazer suas funções, jogá-primas transformadas e energia (Odum, 1992) no exterior sob a forma de resíduos. Ecossistemas naturais contidos dentro do suporte a partir da entrada da biosfera solar, uma vez que ele tenha penetrado e tem sido utilizada pelo sistema, flui para fora em forma de calor e outras formas processadas de matéria orgânica e



de outros materiais. No ambiente, os produtos químicos em causa várias vezes sem perder sua utilidade; ciclos biogeoquímicos estão fechados para os materiais, mas aberto a entrada e potência de saída, onde a decomposição bioquímica dos materiais fornecidos para transformar outros materiais reutilização para outros elementos do ecossistema. No entanto, a operação de ciclo fechado está ausente em sistemas humanos, uma vez que estas são baseadas na idéia de disponibilidade de energia e recursos ilimitados, o volume ilimitado também gerar resíduos. Os resíduos são definidos como os materiais e energias são de qualidade inferior ou inutilizável dentro do sistema, de modo que deve ser terceirizado, ou seja, manter o equilíbrio dos ecossistemas equilíbrio interno ou naturalmente.

### Equilíbrio

Equilíbrio é a valorização em termos de massa e / ou de energia; É a maneira como a taxa de acumulação interna (fixação) de materiais / energia de um sistema fechado e as taxas de terceirização são determinados. Define-se como materiais poluentes estão dispostos de tal modo que:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t} = 0$$

Onde:

$\Delta S$ = sistema de acumulação (fixação)

$I$ = entrada para um equipamento de componente ou sistema.

$O$ = A saída para um equipamento de componente ou sistema.

Para a avaliação de contaminantes na água, que é aplicada como rega do solo, tem-se:

$$\frac{\Delta S_{Suelo}}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t}$$

$I = [C_{Riego}]$

$O = [C_{Riego}]$

$$\Delta S = \text{Suelo} = [C_{\text{Inicial}} + C_{\text{Suelo}}]$$

No caso de o fluxo de solo na base, tem-se:

$$\frac{\Delta S_{\text{Raíz}}}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t}$$

$$I = [C_0] - [C_{\text{Suelo}}]$$

$$O = [C_{\text{Planta}}]$$

$$\Delta S = [C_{\text{Raíz}}]$$

No caso de um fluxo a partir da raiz para a planta, temos:

$$\frac{\Delta S_{\text{Planta}}}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t}$$

$$I = [C_0] - [C_{\text{Raíz}}]$$

$$O = 0$$

$$\Delta S = [C_{\text{Planta}}]$$

De tal modo que o sistema está descrito na Figura 3:

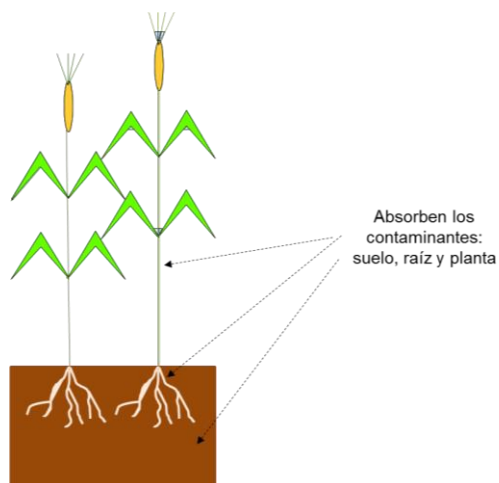


Figura 3. Sistema de raíz água-solo-planta.

Nos casos em que é identificado que a entrada de contaminantes no sistema está contaminado água, haverá uma acumulação no solo), b), raíz c) planta, mas haverá uma migração de uma) à terra da água, b) o solo como um resultado, c) a raíz da planta, sendo este último responsável (entrada) o impacto na saúde humana e animal.

A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma medida da quantidade de cátions que podem ser absorvidos ou detidos por um piso; em geral, quanto maior for a capacidade de permuta catiónica, quanto maior for a capacidade do solo para fixar os metais. CIC é o fundamento inicial: 85,1 mg / L.

#### Materiais e métodos

Assim levantadas concentrações de poluentes, classificados como metais pesados, Água de irrigação, do solo, da raíz, foram avaliados planta, e esse valor é definido como a taxa fixa, tal que:

$$\text{Taxa de contaminante} = [C] \text{ Cu, Mn, Zn} \text{ -----} - \text{Equação 1}$$

E a diferença entre eles como taxa emigrou:

$$= \text{Taxa de migração } [IC] \text{ Cu, Mn, Zn} - [Ci-1] \text{ Cu, Mn, Zn} \text{ -----} -$$

Equação 2

Um experimento foi estabelecida com as seguintes características:

1. O solo utilizado é de uma parcela localizada dentro do módulo II em Tulancingo, Hidalgo; um processo de selecção do solo homogeneização (peneirado 9,51 mm. e 2 mm-D10), e a determinação das características estruturais e os conteúdos de nutrientes e poluentes foi realizada.
2. Uma concentração sistema de irrigação de 5 blocos com 4 repetições por caso, além de um elemento branco ou testemunha foi estabelecida.
3. Uma colheita de forragem foi estabelecido, uma vez que é limitada a um consumo de alfafa. Foram usadas alfafa sementes da variedade San Miguel, utilizados pelos agricultores no Distrito de Irrigação 028.
4. Cinco gramas de sementes foram colocadas de maneira uniforme, posteriormente regada com 150 ml de água trazidos periodicamente Módulo II residual Tulancingo.

A concentração das soluções foi calculada com base nos limites estabelecidos pela NOM-CCA / 032-ECOL / 1993, bem como duas concentrações limites mais baixos, estes dois superiores e uma testemunha. Ver Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de soluções de metais pesados de acordo com a NOM-CCA / 032-ECOL / 19932.

<b>Metal</b> (mg/L)	<b>Límites inferiores</b> <b>a la norma</b>		<b>Límites de acuerdo a</b> <b>la norma</b>		<b>Límites superiores</b> <b>a la norma</b>	
<b>Cobre</b>	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	
<b>Manganeso</b>	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	
<b>Zinc</b>	0.5	1	2.0	3	4	

Cinco concentrações de poluentes geradas três soluções de cobre, manganês e zinco conhecidas foram preparadas com concentrações de o padrão requerido para a preparação dos volumes necessários na irrigação (Tabela 2).

Tabela 2. constituída com mililitros regada por cada corte.

Tiempo	1	2	3	4	5
Cobre	80	240	560	1040	1680
Manganeso	80	240	560	1040	1680
Zinc	190	571	1333	2476	4000

Quatro irrigações com as concentrações indicadas na Tabela 2, em intervalos de 14 dias e cinco coleções de solo feita periodicamente dois meses. Após o segundo mês de plantio começou com a primeira coleção de plantas. É interessante notar que o volume de irrigação, tal como as concentrações de metais pesados, não são homogêneos. A Tabela 3 mostra os volumes de bloco de irrigação.

Tabela 3. mililitros regada acumulado para cada bloco (concentração).

Concentración	1	2	3	4	5
Cobre	4	12	28	52	84
Manganeso	4	12	28	52	84
Zinc	9.5	28.6	66.7	123.8	200.0

## RESULTADOS

### Analisa em amostra inicial do solo

Testes em uma amostra de solo, no início da experiência foram os seguintes: Textura Bouyoucus pelo método (método AS-09); pH (AS-2 método); A condutividade elétrica (CE) com a forma de sais solúveis; salinidade (íons solúveis); e matéria orgânica (Método Walkley e para trás), densidade aparente (DA) com o método do espécime, metais pesados cobre, zinco e manganês (método DTPA); NO<sub>3</sub>, e (método de KCl (solo)) NH<sub>4</sub>; cálcio, magnésio, sódio e potássio (método de acetato de amônio), permutável; fósforo (método de Olsen); Boro (H-azometina) Metodologias retirado da NOM-021-RECNAT-2000 e Manual de Van Reeuwijk. Os metais pesados foram determinadas usando a técnica de

espectrometria de emissão atômica analisados em espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), modelo Perkin Elmer Optima 5300DV.

A classificação inicial do solo é arenoso textural indica que os resultados da análise da amostra são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Os resultados de testes iniciais sobre o solo.

	Unidades	
<b>pH</b>	de pH	7.87
<b>CE</b>	$dS m^{-1}$	0.1168
<b>D. A.</b>	$gr cm^{-3}$	1.39
<b>M.O</b>	%	0.57
<b>NO<sub>3</sub></b>	<i>meq/L</i>	0.011
<b>NH<sub>4</sub></b>	<i>meq/L</i>	0.446
<b>Boro</b>	<i>meq/L</i>	0.029
<b>Fósforo</b>	<i>meq/L</i>	0.401
<b>Cu</b>	<i>meq/L</i>	0.003
<b>Zn</b>	<i>meq/L</i>	0.082
<b>Mn</b>	<i>meq/L</i>	0.063
<b>Fe</b>	<i>meq/L</i>	0.006
<b>Bases intercambiáveis</b>		
<b>Calcio</b>	<i>meq/L</i>	26.694
<b>Magnésio</b>	<i>meq/L</i>	8.062
<b>Potasio</b>	<i>meq/L</i>	5.946
<b>Sodio</b>	<i>meq/L</i>	1.847

O pH da amostra mediadamente inicial do solo é alcalina e teor de matéria orgânica é baixa.

**Determinação das taxas de migração**

A determinação de metais pesados em diferentes amostras de solo e plantas de raiz para diferentes blocos de rega (tempo), são descritos no NOM-021-RECNAT-2000, que estabelece as especificações da fertilidade, salinidade e classificação solos. Da mesma forma, as análises foram realizadas por equipamentos de emissão atômica, analisadas em espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Os resultados são apresentados na Tabela 5.

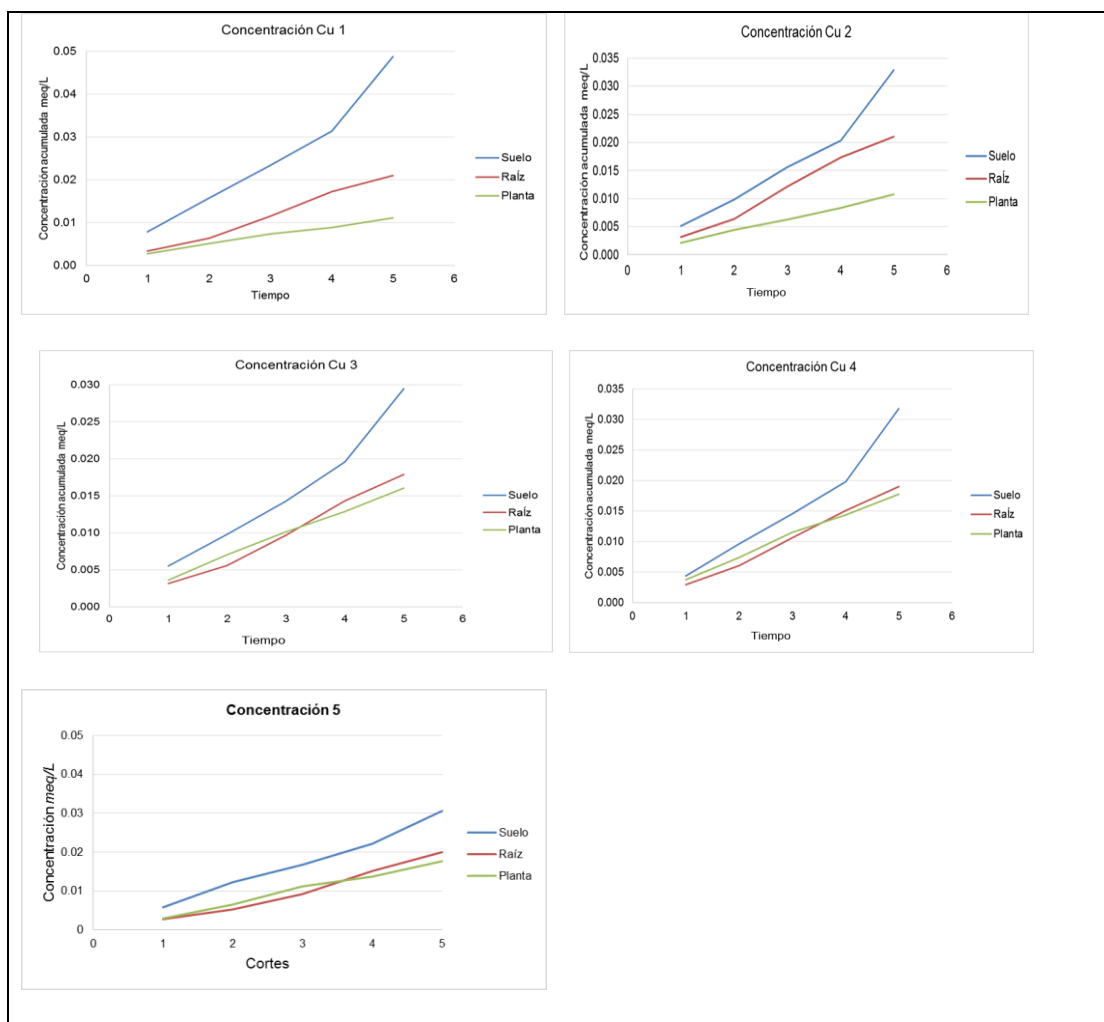
Tabela 5. Os dados obtidos.

	TIEMPO	ACUMULADOS DE Cu			ACUMULADOS DE Mn			ACUMULADOS DE Zn		
		<i>meq/l</i>								
		Suelo	Raíz	Planta	Suelo	Raíz	Planta	Suelo	Raíz	Planta
Concentración 1	1	0.008	0.003	0.003	0.240	0.036	0.032	0.010	0.013	0.009
	2	0.016	0.006	0.005	0.517	0.058	0.069	0.024	0.023	0.021
	3	0.023	0.011	0.007	1.555	0.089	0.099	0.035	0.033	0.030
	4	0.031	0.017	0.009	2.425	0.155	0.128	0.047	0.044	0.039
	5	0.049	0.021	0.011	3.836	0.251	0.155	0.057	0.058	0.050
Concentración 2	1	0.005	0.003	0.002	0.217	0.021	0.030	0.006	0.017	0.009
	2	0.010	0.006	0.004	0.609	0.040	0.062	0.014	0.033	0.019
	3	0.016	0.012	0.006	1.932	0.090	0.099	0.022	0.046	0.028
	4	0.020	0.017	0.008	2.408	0.132	0.125	0.030	0.056	0.038
	5	0.033	0.021	0.011	3.424	0.199	0.150	0.039	0.067	0.049
Concentración 3	1	0.006	0.003	0.004	0.221	0.022	0.043	0.009	0.013	0.019
	2	0.010	0.006	0.007	0.287	0.036	0.087	0.018	0.026	0.037
	3	0.014	0.010	0.010	0.809	0.064	0.128	0.029	0.034	0.053
	4	0.020	0.014	0.013	1.167	0.126	0.167	0.041	0.044	0.067
	5	0.029	0.018	0.016	2.019	0.185	0.201	0.050	0.055	0.087
Concentración 4	1	0.004	0.003	0.004	0.194	0.024	0.046	0.005	0.009	0.019
	2	0.010	0.006	0.007	0.606	0.039	0.093	0.020	0.019	0.038
	3	0.015	0.011	0.011	2.546	0.075	0.156	0.042	0.027	0.068
	4	0.020	0.015	0.014	4.734	0.117	0.196	0.070	0.039	0.088
	5	0.032	0.019	0.018	6.026	0.142	0.225	0.087	0.051	0.105
Concentración 5	1	0.006	0.003	0.003	0.452	0.033	0.033	0.016	0.012	0.014
	2	0.012	0.005	0.006	1.961	0.047	0.075	0.032	0.024	0.028
	3	0.017	0.009	0.011	3.993	0.083	0.140	0.062	0.035	0.062
	4	0.022	0.015	0.014	5.285	0.107	0.170	0.086	0.044	0.077
	5	0.031	0.020	0.018	7.351	0.162	0.197	0.105	0.059	0.096

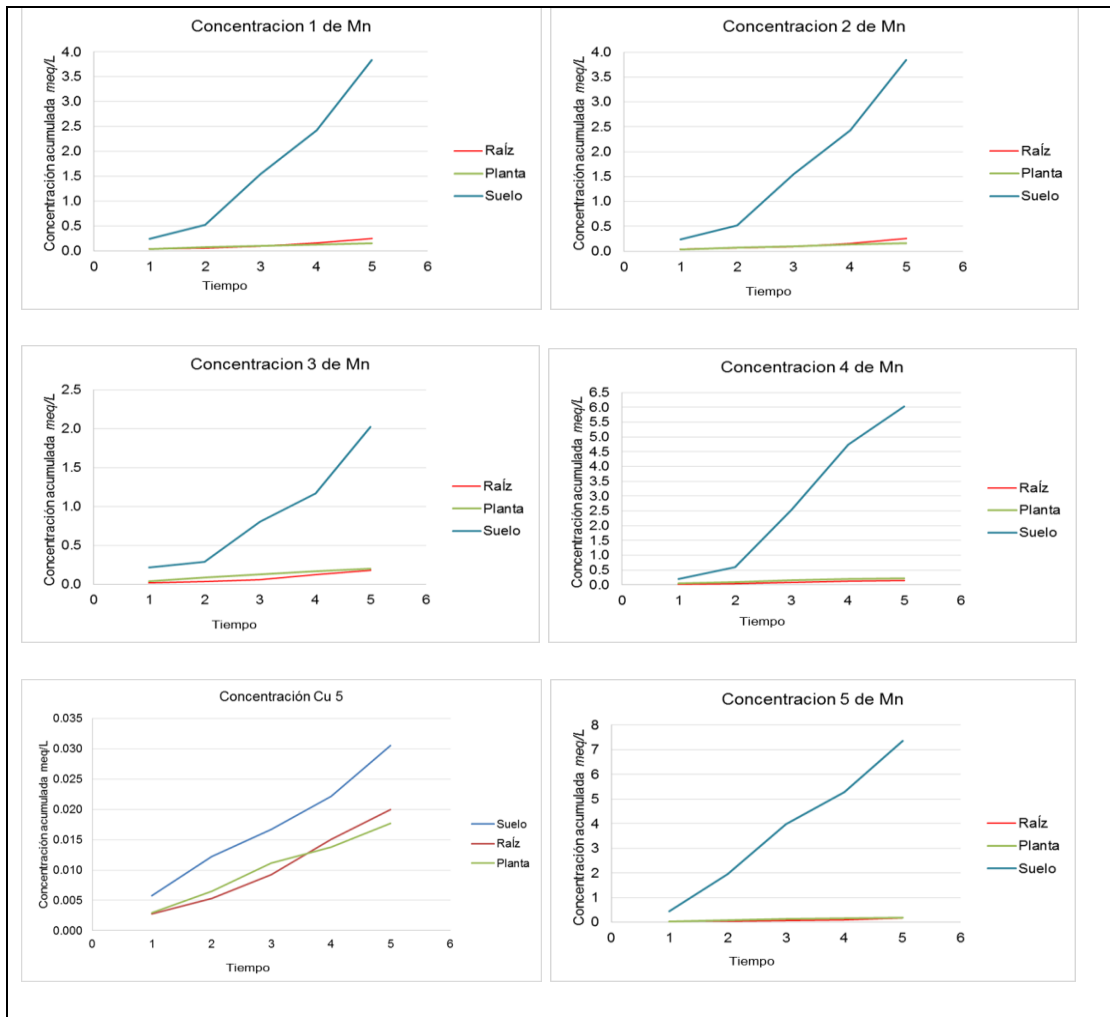


## ANÁLISE E DISCUSSÃO

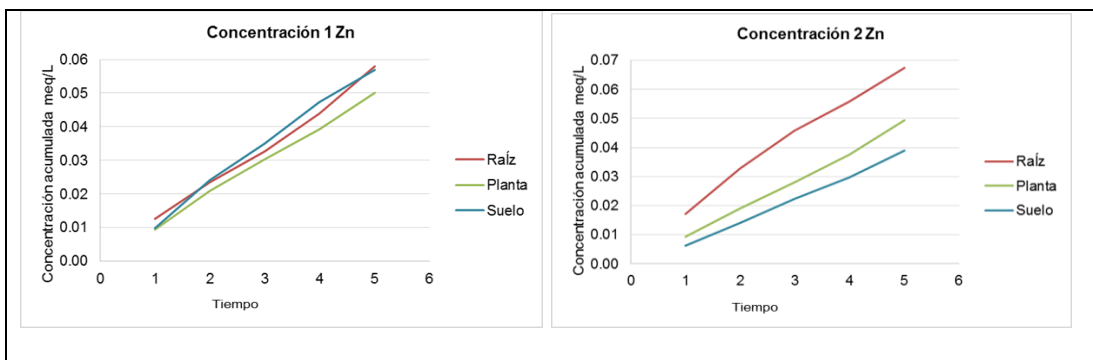
A partir de la información de las concentraciones de metales pesados por agua, suelo, raíz y planta, tenemos que la acumulación en cada uno por intervalo de tiempo se presenta en las gráficas 1 (cobre), 2 (manganeso) y 3 (zinc).

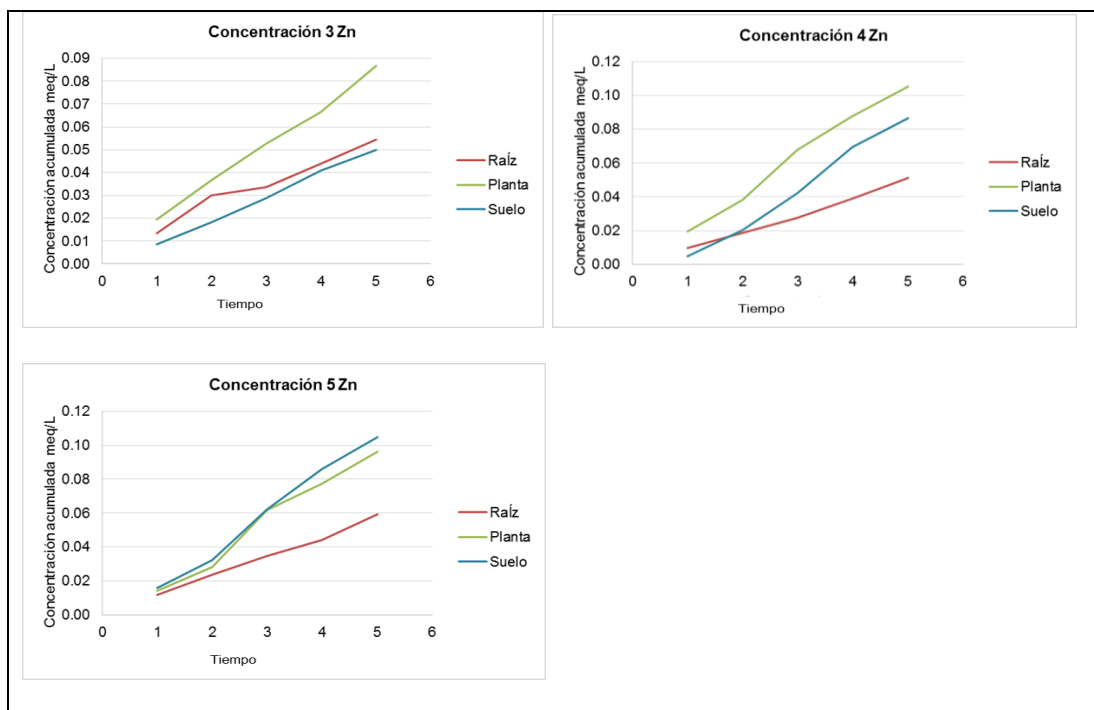


Gráfica 1. Concentraciones de Cu.



Gráfica 2. Concentraciones de Mn.

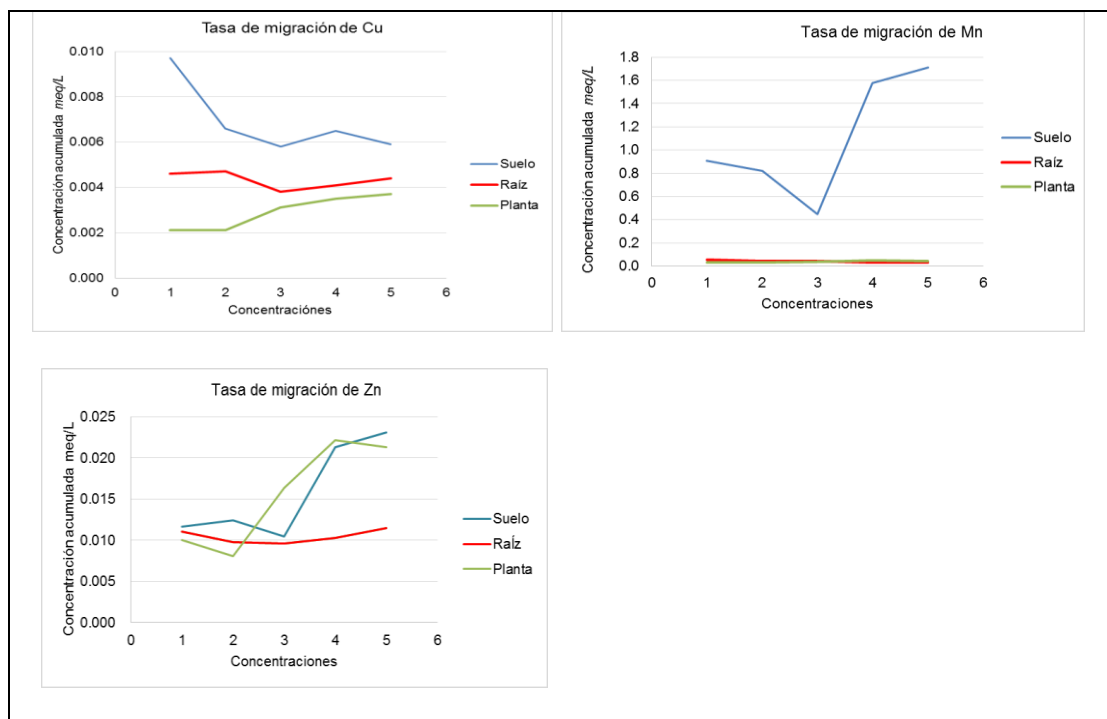




Gráfica 3. Concentraciones de Zn.

No caso vertente os referidos representação gráfica corresponde à equação 1; como observado em todos os casos, existe um processo de acumulação de contaminantes, independentemente do) o elemento (raízes do solo ou plantas), e b) a concentração do contaminante. Para o caso particular do cobre, a capacidade de compreender é semelhante tanto numérica e funcional em todos os três casos (planta-solo-raiz); no caso do manganês, que está fixado principalmente no chão, enquanto que as raízes da planta e ter uma baixa capacidade de retenção. Finalmente, para o caso do zinco tem um comportamento semelhante ao de cobre.

Para determinar taxas de migração a partir da equação 2 mostra a Figura 4.



Gráfica 4. Concentraciones de Cu, Mn y Zn.

Neste caso, mostra que o tempo para o cobre à medida que progride, é diminuir a capacidade de reter o poluente no solo, até que atinge um ponto de estabilização (assíntota), indicando que o solo foi saturada , ou seja: já não tem mais capacidade de armazenamento. Para a raiz, que se mantém constante ao longo do tempo, indicando que o contaminante não olha para a raiz, mas passa; para ver que há uma planta que cresce em -muito capacidade de retenção de leve-, opcionalmente também atinge um valor assintótica.

Para manganês é de notar que existe uma capacidade de fixação periódica; único piso, a raiz ea planta não funciona neste caso.

No caso do zinco, notamos que é o chão que é novamente o mais activo na criação do contaminante: exhibe um comportamento ascendente, permitindo inferir que não está saturado. Sobre o comportamento de raiz, notamos uma constante, o que indica que este elemento não faz fixação comportamento poluente. Por último, apresenta-se um comportamento de primeira ascendente, indicando que está a absorver, mas quando se trata de um ponto de estabilização indica que foi saturado.

## CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível determinar as taxas de fixação de metais pesados de cobre, manganês e zinco.

O processo de acumulação de poluentes em conformidade com a equação [1] indica que o solo acumula a maior quantidade, em volume (retidos), como taxa; isso é explicado sob o conceito de CIC, onde o valor limite da terra o experimento é 8525 meq / L. A partir de uma acumulação linear de cátions adicionados por irrigações sucessivas, temos um total de 6,14 mEq / L, muito mais baixos do que o ponto de saturação do solo, para que ele possa continuar a absorver manganês e zinco. Um elemento adicional de o fenómeno é que estes dois elementos fazem parte dos chamados minerais terrestres, de modo que a sua mobilidade no solo é mais "fácil". Em contrapartida, no caso do cobre, sendo uma molécula muito mais densa e mais elevada do que a de terrestre disponibilidade catiónicos minerais, ácidos gordos saturados mais rápidos.

Acumulação na raiz, como observado no gráfico, nos três casos, é constante e baixo para os três poluentes, indicando que a taxa de contaminante deixaram o chão basta ir até a raiz em sua migração para a planta.

No caso de acumulação na planta, vemos que em cobre e manganês comportamento semelhante na raiz, e o zinco tem o maior acúmulo na planta.

De acordo com a equação [2], em taxas de migração para os três poluentes têm a raiz ea planta tem uma capacidade finita e migração magnitude constante, ou seja, deixando entrar uma quantidade constante de poluente, independentemente grau de concentração aplicada na irrigação, e que é a fase de chão que responde a esta variável, acumulando até à saturação.

Portanto, os riscos reais para a água com águas residuais contendo metais pesados é o prejuízo para o solo no caso de Mn, como na experiência excede os regulamentos de 32,7%. O piso, uma vez que atinge a saturação CIC =, você não consegue mais segurar mais contaminantes e entrar em fase de salinização e, se o excedente será drenada por escoamento superficial ou percolação profunda.

Assim, no presente estudo, foi determinado que o impacto de rega de culturas com o esgoto para o bem-estar humano é zero, mas em caso de impactos para o ambiente é grave, se considerarmos que o piso é parte do meio, o seu salinização causa a perda parcial ou total das terras agrícolas e, por sua vez, que os impactos de perda de a comida e ambiente econômico do ser humano.

### **Bibliografía**

Arreguín C. F. I., Moeller C. G., Escalante E. V., Rivas H. A. (2000). El reuso del agua en México. Hacia la Calidad: Necesidad para el Próximo Milenio. ACODAL, A004 (185):41-52. Consultado en línea noviembre de 2009.

Conagua (2012), “Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, Edición 2012. Sector de Infraestructura y Medio ambiente. Nota Técnica # IDB-TN-521.

De la Peña M. E., Ducci J., Zamora P. V. (2013). Tratamiento de aguas residuales. Banco Internacional de Desarrollo.

Guzmán S. E., García S. J. A., J. Mora F. S., Fortis H. M., Valdivia A. R. y Portillo V. M. (2006). La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia, 40 (006). Consultado en línea noviembre de 2009. Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30240611>>

Ley de Aguas Nacionales (1992). Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992.

ODUM, E.P. (1992). Ecología: bases científicas para un nuevo paradigma. Cap.3. Ed. Vedral. Barcelona < [http://html.rincondelvago.com/ecologia\\_3.html](http://html.rincondelvago.com/ecologia_3.html)>

ONU, (2010). Objetivos del Milenio, Informe 2010. Declaratoria sobre el Cambio Climático. MDG Report 2010. Es- 20100612-r9.indd 1

NOM-001-ECOL-(1996), Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

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".

NOM-021-RECNAT-(2000). Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación.

NOM-CCA/032-ECOL/(1993). Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

NMX-AA-132-SCFI-(2006). Muestreo de Suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. Diario Oficial de la Federación.

Rascón A. E., Peña C. E., López C. R., Cantú S. M. y Narro F. E. A. (2005). Impacto en algunas propiedades físicas del suelo por aplicación de aguas residuales. *TERRA Latinoamericana*, 26 (1): 69-74. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57311561009>

Siebe C. (1994). Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, México. Instituto de Geología, UNAM, México.

Van Reeuwijk, L. P. (1995). Procedures for soil analysis. 4th ed. ISRIC. Wageningen, Netherlands. 145 p. (Tech. Pap. No. 9).

Vivanco E. R.A., Gavi R. F., Peña, C. J.J. y Martínez H. J. de J. (2001). Flujos de Nitrógeno en un suelo cultivado con forrajes y regado con agua residual urbana. *Terra* 19: pp. 301-308.