

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



AGUAS NEGRAS EN LA AGRICULTURA

TRABAJO PRACTICO (OPCION V)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

CARLOS ALBERTO FLORES SOTO

diciembre de 1984

040.831

T  
TD760  
F5  
C.1

0.631

T  
TD760  
F5  
C.1



1080062405

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



AGUAS NEGRAS EN LA AGRICULTURA

TRABAJO PRACTICO (OPCION V)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

CARLOS ALBERTO FLORES SOTO

MARIN, N. L.

diciembre de 1984

T'  
TD 760  
F5

040631  
FA7  
1971



Biblioteca Central  
Maaya Solidarida

F. Tesis



BURAU REPOSICION  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

## I N D I C E

Introducción	- - - - -	
Las Aguas Negras	- - - - -	Pag. 1
Contaminación del agua	- - - - -	" 1
El Agua Negra en la agricultura	- - - - -	" 5
Tratamiento de las aguas	- - - - -	" 10
Consideraciones generales para el metodo a utilizar y su selección	- - - - -	" 17
Conclúciones	- - - - -	" 18
Bibliografía	- - - - -	" 19

## INTRODUCCION

El control de la calidad del agua se ha convertido en una necesidad urgente, ya que la contaminación del agua debe de ser detenida o controlada para que pueda ser usada varias veces, ya que apenas alrededor del 2% del agua existente en el planeta es utilizable.

Esto representa un grave problema, ya que las reservas de agua dulce disminuyen día con día en su calidad por efecto de la contaminación.

Esta contaminación proviene del mal cuidado que se le da al agua residual proveniente de fábricas, industrias, zonas urbanas, ya que no se le da ningun tratamiento para quitar o disminuir su efecto tóxico para el medio ambiente.

Actualmente en la ciudad de Monterrey y sus alrededores, del agua residual descargada es aprovechada un 50% con fines agrícolas. Especificamente en los Municipios de Apodaca y General Escobedo (Ejido el Canada). Esta agua negra que se utiliza para riego, es un agua cruda, es decir, agua que no se ha tratado.

## LAS AGUAS NEGRAS

Los lagos, los torrentes, las corrientes subterráneas, los estuarios, y otras aguas continentales y los grandes mares, nos brindan múltiples y variados servicios. Con frecuencia, los múltiples usos del agua no se contraponen seriamente entre sí, ni amenazan la calidad de ésta, pero cuando se le usa como vehículo de productos de desecho industriales, agrícolas o simplemente humanos, puede inutilizársele para la bebida, para usos acuáticos y para algunos fines industriales, también puede traer consecuencias ecológicas a largo plazo, ya que ésta es contaminada.

Continuamente se oye hablar de un medio ecológicamente deteriorado y una parte considerable de este problema lo constituye la contaminación del agua.

El poder contaminante de la actividad humana a llegado a rebazar la capacidad autodepuradora del sistema ecológico.

### CONTAMINACION DEL AGUA

El poder de biodegradación del agua es grande, sin embargo, al rebazarse ciertos límites de concentración de desechos orgánicos y químicos, el agua pierde este poder, y ríos y lagos se convierten en cloacas abiertas.

Es obvio que el volumen de agua dulce de que dispone el planeta condiciona la cantidad de habitantes que éste puede contener, por lo que se hace un riguroso control de los vertidos de origen doméstico, industrial o agropecuario, que polucionan las fuentes de agua potable que de por sí, son bastante escasas.

Entre los principales factores que deben considerarse en la contaminación de las aguas, estan los siguientes:

- A) Aspectos demográficos. Ya que el ritmo de crecimiento de la población es muy alto.
- B) Urbanización. Al haber mayor urbanización, origina un aumento en los volúmenes de consumo y al mismo tiempo incrementa las aguas residuales.
- C) Industrialización. Los pasos acelerados que se dan para lograr un mayor desarrollo, estan estimulando la creación de nuevas industrias. Esta industrialización, contribuye a incorporar al agua una serie de sustancias, que altera sus condiciones naturales de calidad.
- D) Agricultura. La necesidad de producir cada vez una mayor cantidad de alimentos para el sostenimiento de la población, ocasiona la tecnificación de los cultivos y la incorporación de nuevas areas agrícolas para lograr el mayor rendimiento de la tierra, incorpora por escurrimiento a los cauces fluviales, nuevas y complejas sustancias tales como, plaguicidas y fertilizantes, que afec-

tan negativamente la vida acuática.

Algunos de estos factores de contaminación pueden eliminarse o neutralizarse por procesos naturales que se producen en el agua. Algunos otros se precipitan al fondo. El hecho de que algunos contaminadores sean naturalmente fáciles de descomponerse, no disminuyen su nocividad para la vida acuática ni para los usos humanos del agua, cuando están presentes en concentraciones excesivas.

Hay dos tipos básicos de desechos contaminantes:

- 1) Los que entrañan un aumento en el volúmeno proporción de materiales naturales en los ecosistemas o desechos biodegradables, y
- 2) Los que implican venenos y sustancias químicas que normalmente no están presentes en la naturaleza (mercurio, detergentes, pesticidas) o desechos no biodegradables.

Así, pues, la contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La calidad del agua puede definirse como su aptitud para los usos benéficos a que se le viene dando, es decir, para la bebida del hombre y de los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra y recreación. Sin embargo, el efecto más perjudicial del agua contaminada para el hombre ha sido ciertamente el de la transmisión de enfermedades, como la disentería amibiana, el cólera, la gastroenteritis, fiebre tifoidea y otras

Las relaciones entre tierra firme, aguas dulces y océanos son tan estrechas que la contaminación de unos afecta también a los otros; los productos tóxicos esparcidos sobre tierra firme, son derramados o sumidos hacia los ríos y termina por llegar a los océanos, donde se acumulan; la transferencia puede hacerse también directamente de la tierra al océano por los vientos.

La contaminación del agua dulce es la más diversificada que hay, pues a todas las secuelas de polución terrestre se agrega una cantidad extraordinariamente elevada de desechos de toda clase.

Estan primeramente las aguas residuales de los asentamientos humanos vertidas a los rios por los desagües, principalmente porque éstas contienen detergentes de acción superficial que son frecuentemente utilizados en los polvos de lavar. Aunque un aporte moderado de aguas domésticas en los cursos de agua puede ser eliminado por vía biológica, ninguna depuración de este tipo es posible para las contaminaciones inorgánicas. La parte del mundo orgánico sensible a la toxicidad y a la concentración de los aportes inorgánicos mueren. En muchos casos, las aguas residuales cargadas de sustancias inorgánicas son igualmente inutilizables para el riego de cultivos, pues las plantas comunes no soportan una concentración de cloruro de sodio mayor al 1%.

La cadena de contaminantes llega al océano por los ríos también directamente a partir del medio terrestre. Pero el océano no tiene también sus propias fuentes de agentes contaminante es el cubo de millones de barcos y embarcaciones de todo tipo que allí circulan, pero el contaminante número 1 es el petróleo. Y no solo el que proviene del funcionamiento normal de los motores, sino el que es echado al mar por los petroleros tras la limpieza de las bodegas, además del petróleo derramado en los accidentes marítimos.

Tomando en cuenta todo lo expuesto anteriormente, en la actualidad se le esta dando un tratamiento adecuado a las aguas residuales, ya sean urbanas o industriales. Esta agua puede ser reutilizada en la industria, pero su utilización más importante está en la agricultura, ya que permite abrir nuevas áreas de cultivo y aumenta el valor de los terrenos que pasan al riego seguro.

#### EL AGUA NEGRA EN LA AGRICULTURA

Las aguas negras se pueden usar en la agricultura, siempre y cuando se tomen ciertos cuidados. Las aguas negras no tratadas son difíciles de manejar, su alto contenido de materia orgánica es un estorbo, en lugar de ser útil, porque esa materia orgánica tiene un valor fertilizante muy bajo y eventualmente causará un metabolismo del suelo. Lo peor de todo es que limita gravemente las clases de cultivos que pueden hacerse en ese suelo, sin mencionar que toda el área que se utilice será tóxica.

Sin embargo, mediante el tratamiento moderno de aguas negras puede producirse una buena agua de riego, hasta para riego en gran escala con algunas de las aguas negras más fuertes.

La influencia de las aguas negras en los cultivos y - en los suelos es variable, pues depende, para los suelos de sus características morfológicas y químicas, y para las plantas, de la especie, con todas sus características particulares.

El grado de tratamiento antes de la descarga, dependera de la naturaleza y de la cantidad de agua receptora, así como de la economía regional del agua.

La mejor utilización de las aguas negras en la irrigación requiere, del represamiento temporal de los escurrimientos por medio de la construcción de vasos de almacenamiento y su desinfección correspondiente. Las aguas negras almacenadas se mejoran bacteriológicamente, sin dejar de considerarse peligrosas para el riego.

En análisis efectuados en muestras de aguas negras y en observaciones directas hechas a los cultivos regados - con ellas, demuestran que su acción es benéfica por la gran cantidad de nutrientes que contienen en dilución y en suspensión, además porque los residuos orgánicos modifican las características físicas de los suelos, haciendo

más permeables los suelos arcillosos y aumentando la capacidad de retención de los suelos arenosos.

El terreno por regarse con aguas negras debe de ser un suelo de textura ligera, estar bien drenado y de preferencia tener una velocidad de permeabilidad de moderada hasta moderadamente rápida. En ninguna circunstancia deben escogerse zonas de suelos pesados o de mal drenaje para beneficiarse mediante el riego de aguas negras, sin importar que estas aguas hayan sido purificadas o se usen crudas.

Los cultivos de raíces, como las zanahorias o los cultivos de muchas hojas y poca altura, como la lechuga, no deben regarse con aguas negras por ningún motivo. Sin embargo cuando éstas se cultivan, pueden hacerse sin peligro para la salud humana, en suelos que hayan sido regados con agua negra en años anteriores a la estación a la cual los cultivos son desarrollados, siempre y cuando se riegan con aguas sujetas a tratamiento completo y desinfección.

Los lodos de las aguas negras no deben añadirse al suelo regado con estas aguas, ya que dichos lodos tienen alta concentración de sales y boro, sin embargo, esos lodos pueden añadirse con seguridad y beneficio, como fertilizante orgánico en zonas regadas con agua dulce. De preferencia, los lodos deben de conservarse durante un año, pero nunca por menos de 6 meses, para facilitar la digestión de bacterias patógenas.

Si los lodos de aguas negras son aplicados al terreno o a los canales para el riego de vegetales, tales prácticas deben ser suspendidas cuando menos un mes antes de la cosecha.

Ahora bien, las aguas negras con un contenido de sodio mayor de 5000 ppm (Juárez, 1969) no deben emplearse, ya que puede tener un efecto adverso en la estructura del suelo, provocado por el relleno de los intersticios del mismo y en última instancia el acceso o movimiento de oxígeno, ya que éste es muy importante para el buen desarrollo de los cultivos.

Así también cantidades mayores de 60 ppm de ABS (Alquil bencensulfonatos) en las aguas negras se pueden considerar altamente tóxicos, particularmente en las raíces de las plantas, con la consiguiente reducción del rendimiento. Con las cantidades normales de ABS en las aguas negras, se estima en un 10% el incremento de volumen de aguas que deben emplearse en el riego, con relación a los recursos hidráulicos libres de detergentes (ABS).

En diferentes estudios que se le han hecho a estas aguas negras en base al riego, como el que se hizo en Tula Hidalgo, donde el suelo es de textura mediana y ligera, sin faltar los pesados, son deficientes en materia orgánica, tienen un PH alcalino, son pobres en fósforo, ricos en cal

cio y magnesio, llegándose a hacer las siguientes recomendaciones:

Cuando el agua es de alta salinidad no deberán emplearse suelos con drenaje deficiente, pues aún con drenaje adecuado es necesario el control de la salinidad, así como una selección de cultivos con buena resistencia a las sales. Con respecto a su contenido de sodio cuando son con medio contenido de éste; puede ocasionar problemas de sodio en suelos de textura fina (arcillosos), a menos que aquellos contengan sulfato de calcio (yeso). Cuando el contenido de sodio es alto en el agua, se requiere un lavado eficiente de tierras, con buen drenaje y adición de materia orgánica para su aprovechamiento.

Las aguas negras que sirven para riegos agrícolas registran conductividades eléctricas que los sitúan como aguas de alta salinidad que constituyen un peligro para los suelos y cultivos; que no puede aprovecharse en lugares con drenaje deficientes y que hacen necesaria la selección de cultivos con buena resistencia a las sales, que no es precisamente el caso de la alfalfa y el maíz, ni mucho menos del frijol.

Referente a la presencia de organismos patógenos en las aguas negras, se considera que pueden aplicarse al riego porque las plantas tienen defensas naturales y artificiales que pueden evitar los peligros de su utilización.

Aún contando con este tipo de protección, ya sea natural o artificial, siempre se tendrá una contaminación bacteriológica en cultivos regados con este tipo de aguas.

### TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

Para que las aguas negras puedan usarse sin peligro para la agricultura, y para algunos otros fines, es necesario hacerle un tratamiento adecuado según el uso que se le vaya a dar. El tratamiento puede dársele por varios métodos, los cuales pueden ser:

- A) Lagunas de estabilización
- B) Zanjas de oxidación
- C) Tanques Imhoff
- D) Sedimentación primaria

#### A) Lagunas de estabilización.-

Una laguna puede definirse como un estanque o charca con teniendo aguas residuales crudas, o tratadas parcialmente, en el cual se lleva a cabo una oxidación o reducción de la materia orgánica. Los diferentes tipos de lagunas pueden dividirse en tres clases:

**Lagunas anaerobias.-** Aquellas lagunas en las que la producción de ácidos orgánicos y la obtención de metano y de dióxido de carbono por fermentación de ácidos son las mayores reacciones.

Lagunas aerobias.- Lagunas en las que los microorganismos en presencia de oxígeno convierten la materia orgánica contenida en las aguas residuales, en sales estables o minerales.

Lagunas facultativas.- Lagunas donde la estratificación causa un predominio de reacciones anaerobias en las secciones bajas y oxidación aerobia fotosintética en la parte superior.

Dependiendo del tipo de laguna, la materia orgánica puede ser estabilizada o solo transformada a un estado un poco más estable. La estabilización se lleva a cabo en condiciones anaerobias y la transformación en condiciones aerobias por medio de la fotosíntesis.

El tipo de desechos que se pueden tratar por medio de estos procesos, abarcan: aguas residuales crudas, efluente de tratamiento primario o secundario, lodos de retorno de un sistema de los lodos activados, residuos que contengan sólidos sedimentables y algunos otros pequeños volúmenes de aguas residuales en lugares aislados o en lugares donde las condiciones climatológicas son propicias.

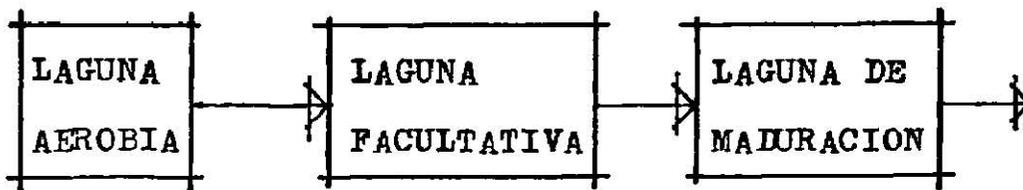
Las ventajas del sistema de lagunas son:

- No requieren equipo costoso,
- No se necesitan operadores altamente capacitados
- Su construcción es económica.

Las desventajas son:

- Requieren grandes áreas,
- Su efluente es de mediana calidad,
- Su localización debe ser alejada de áreas residenciales, comerciales y urbanas.

Las lagunas de estabilización pueden considerarse en nuestro país como los sistemas más adecuados para tratamiento de aguas residuales municipales. El proceso más recomendado se muestra en el siguiente esquema:



El sistema se complementa con cribado y desinfección en la siguiente forma:



control de gastos      remoción de mat. grueso      remoción de mat. carbonosa      desinfección

El tipo de desechos que puede tratar por este sistema es el que se dijo anteriormente.

## B) Zanjas de oxidación.-

El proceso de zanjas de oxidación es una aplicación ingeniosa del tratamiento de lodos activados, útil para comunidades pequeñas y medianas, esta basado en el uso de rotores o cepillos para la aereación. El principio básico de las zanjas de oxidación, es la aplicación del proceso de lodos activados por aereación extendida, a base de suministrar oxígeno por medio de rotores circulando el agua en un circuito cerrado.

La zanja de oxidación fue desarrollada con la intención de simplificar el proceso de tratamiento biológico, disminuir el costo y hacer la operación más fácil, eliminando para esos fines, los desarenadores, sedimentadores primarios (en muchos casos también los secundarios) y los digestores. La estación de bombeo para la recirculación fue sustituida por un dispositivo muy sencillo, así como también, el equipo de aereación que es un perfeccionamiento del cepillo de Kessener.

En general es una excavación del suelo en forma de un foso largo y angosto, cerrado sobre sí mismo, semejante a la pista de los hipódromos. La única pieza móvil consiste en el equipo de aereación superficial, conocido como rotor de paletas o rotor T.N.O.

En instalaciones pequeñas los costos de construcción,

operación, y mantenimiento de zanjas de oxidación, representan una fracción de los costos de una planta convencional de lodos activados, produciendo un efluente habitualmente de mejor calidad. Se puede considerar el costo de construcción de la zanja como un 30 a 40% más bajo que el de otras plantas de tratamiento.

Las zanjas de oxidación pueden ser aplicadas a todos los tipos de descargas susceptibles de tratamiento por lodos activados convencionales o por filtros percoladores.

Se tratan por medio de zanjas los efluentes de fábricas de almidón, de papas, yuca, rastros, productos lácteos jabones y aceites comestibles.

### C) Tanques Imhoff.-

El Dr. Karl Imhoff, fue el primero que diseñó el tanque de doble acción que lleva su nombre.

Estos tanques se idearon para corregir los dos efectos principales del tanque séptico, en la forma siguiente:

1.- Impedir que los sólidos que se han separado de las -  
negras se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la re  
tención de estos sólidos para su descomposición en la mis  
ma unidad.

2.- Proporcionar un efluente adaptable a su tratamiento  
ulterior.

Existen diversas formas, rectangulares y circulares, pero siempre presentan una cámara o cámaras superiores - por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia sedimentada permanece estática para su digestión anaerobia.

De la forma del tanque se obtienen varias ventajas:

- 1.- Los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menos tiempo.
- 2.- La forma de la ranura y de las paredes inclinadas - que tiene la cámara acanalada de sedimentación, obligan a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

Este tipo de tanque se utilizó para el tratamiento preliminar que procede a la filtración continua. En los últimos años el número de instalaciones de tanques Imhoff en los Estados Unidos, ha ido disminuyendo gradualmente - para dar servicio a poblaciones menores de 1000 personas. Entre los factores que han influido a esta situación figuran: la obtención de una mejor digestión de los lodos en tanques de digestión independientes calentados, el hecho de que son más atractivos el costo y los resultados, más fácil es de hacer funcionar y puede obtenerse más gas de ellos, y por último, las espumas y otros problemas del

funcionamiento, se resuelven más fácilmente en estos tipos de tanques.

Un tanque Imhoff, es un tanque de dos niveles, sedimentación y digestión, que combina la sedimentación en el compartimiento superior y la digestión del lodo en el inferior.

Puede ser rectangular o circular y se divide en tres cámaras o compartimientos que son:

- 1.- La sección superior que se conoce como cámara de derrame continuo o compartimiento de sedimentación.
- 2.- La sección inferior que se conoce como cámara de digestión de los lodos.
- 3.- El respiradero o camara de natas (o espumas).

El tanque Imhoff no tiene problemas mecánicos y es relativamente económico y fácil de operar. Provee la sedimentación y la digestión de los lodos en una sola unidad y produce un efluente primario de calidad satisfactoria, eliminando de 40 a 60% de sólidos suspendidos.

Durante la operación, todas las aguas negras fluyen a través del compartimiento superior, los sólidos se depositan en el fondo de este compartimiento que tiene pendientes de aproximadamente 1.4:1, resbalando y pasando por una ranura que hay en el fondo. Una de las partes inclinadas en el fondo se prolonga cuando menos unos 15 cm. más allá de la

ranura, la que funciona como trampa impidiendo que los gases o partículas de lodos en digestión que hay en la sección inferior se pongan en contactos con las aguas negras que hay en la sección superior. Los gases y partículas ascendentes de lodos son desviadas hacia la cámara de natas y respiradero. Las ventilas deben tener una superficie de cuando menos un 20% de la superficie total del tanque.

#### CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL METODO A UTILIZAR Y SU SELECCION

La selección del método o sistema de tratamiento más adecuado para un determinado tipo de desecho líquido, deberá hacerse tomando en cuenta como objetivo general, conjuntar las máximas eficiencias con los mínimos costos, y específicamente, considerando las necesidades y disponibilidades siguientes:

- A) Tipo de agua residual por tratar: municipal, industrial o una mezcla de ambas.
- B) Disponibilidad de mano de obra, material de construcción equipo y terreno.
- C) Condiciones topográficas y climatológicas del lugar.
- D) Desarrollo municipal, industrial o agrícola.
- E) Recursos técnicos y económicos disponibles.
- F) Uso del agua tratada.

## C O N C L U S I O N E S

Tomando en cuenta los estudios que se han hecho en el país, se ha llegado a determinar que las aguas negras o residuales, son buenas para la agricultura, siempre y cuando se tomen las medidas correspondientes para su mejor utilización, así como también, poner el cultivo adecuado, ya que estas aguas son altamente salinas en la mayorías de los casos.

También se ha determinado que en suelos pesados (arcillosos) estas aguas no deben emplearse ya que tienen un drenaje deficiente, y con el tiempo estos suelos se volverían salinos, aunque en algunos casos se usa el agua negra pero dándole riegos pesados al suelo.

En el estado de Nuevo León, el agua negra se esta -  
aprovechando para uso agrícola, siendo esta una buena fuente de agua de riego, en lugares donde no se cuenta con agua dulce, específicamente en los municipios de Apodaca, N. L., en el cual se riegan 1000 Has; en General Escobedo (Ejido el Cánada) con 1500 Has.

## B I B L I O G R A F I A

American Water Works Association

Agua: Su calidad y tratamiento. Manual preparado por la American Water Works Association. Tr. al esp. por Jack M. Verrey. Tr. rev. por Julio Colón Manrique. México, UTEHA, 1968.

Babbit, Harold E.

Alcantarillado y tratamiento de aguas negras, por H. E.B. y E. Robert Bauman. México, CECSA, 1961.

Brubaker, Sterling

Para vivir en la tierra; Equilibrio demográfico, recursos para el futuro. Tr. Francisco J. Perea. México, Edit. Pax-México. 1973.

Fair, Gordon Maskew

Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, por Gordon Maskew Fair, John Charles Geyer y Daniel Alexander Okun. Tr. Salvador Ayanegui J. rev. Armando Patiño Olivares. Méx. Limusa, 1974. Vol. I y Vol. II.

SAHOP. Dirección General de Aprovechamiento de Aguas -

Salinas y Energía Solar. Curso nacional sobre desalación. Tomo II, Tema XXX. 1981.

## Secretaría de Recursos Hidráulicos

El uso de agua negra para riego en los Valles de México y de El Mezquital, Hgo. Memorandum Técnico # 252. México, 1967.

SARH. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección general de distritos de riego. Producción de maíz forrajero regado con aguas negras. Memorandum técnico # 370. México, 1977.

SARH. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección general de distritos de riego. Salinidad de los suelos y calidad del agua de riego. Memorandum técnico # 351. México, 1976.

SARH. Subsecretaría de Planeación. Dirección general de protección y ordenación ecológica. Operación de plantas de tratamiento primario de aguas residuales. Manual "C", Vol. I y Vol. II, México, 1982.

## Turk, Amos

Ecología, contaminación y medio ambiente, por Amos Turk, Jonathan Turk y Janet T. Wittes. Tr. Carlos Gerhard Ottenwaelder. México, Edit. Interamericana. 1973.

## U. S. Department of Agriculture

Agua, su aprovechamiento en la agricultura. Tr. J. Meza Nieto. 2 ed. México, Herrero, 1966.

Zimmerman, Josef D.

El riego. México, CECSA, 1970.

