



IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2018

Aguascalientes, Ags., del 15 al 18 de octubre de 2018

CALIDAD DEL AGUA Y LA AGRICULTURA URBANA

Abraham Rojano¹, Waldo Ojeda²

¹Universidad Autónoma Chapingo, carretera Mexico-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Mexico, 56230

abrojano@hotmail.com (*Autor de correspondencia)

²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Blvd. Paseo Cuauhnahuac 8532, Progreso, Juitepec, Morelos, 62574

Resumen

El agua es un recurso tan útil que poco a poco se va convirtiendo en un factor limitante. Se necesita con mayor cantidad en la industria, en la agricultura, en la granja y en la vida diaria de la población moderna. Aun cuando la existencia total de agua garantiza la sobrevivencia de la humanidad, su distribución temporal y espacial no siempre coincide con las necesidades del hombre, y ahora más, cuando la calidad se convierte en un factor adicional de importancia. El acceso al agua cada vez se requiere más en un número mayor de habitantes en el mundo y si las hambrunas aparecen el exodo de los pueblos será inevitable.

El caso específico del agua en la agricultura tiene varias posibilidades de acuerdo a la relación que guarda con la vida del hombre. Si el agua está directamente en contacto con la salud, la alimentación en productos crudos, en proteína animal o el vestido, entonces hablar de la calidad del agua adquiere diferentes ángulos de discusión, y finalmente en este trabajo se sugiere un modelo continuo para medir la función de calidad y se discute un poco sobre las posibilidades de la agricultura urbana.

Palabras Clave: Modelos, principios de maximización, límites de toxicidad.



Introducción

Hablar de la calidad del agua en principio parece fácil de definir y hasta se puede confundir o considerar sinónimo con la idea de pureza del agua. Las diferencias empiezan cuando tomamos en cuenta la función que realiza el agua en la actividad productiva, por ejemplo, la calidad del agua para una operación de lavado de frutas es diferente a aquella en un proceso de riego. Aún más dentro de los sistemas de riego no es lo mismo si el agua es aplicada por gravedad o por goteo. Así, se han establecido diferentes criterios desde el tipo continuo o distribuido hasta el categórico o discreto ya sea por conveniencia, rapidez o simplemente por dificultades técnicas.

La agricultura por su desarrollo histórico siempre evolucionó cerca de un río, o lago donde los pueblos se asentaron. Es más, al principio nadie se percató de los efectos contaminantes de la agricultura hasta que el uso de fertilizantes nitrogenados y demás químicos se hicieron visibles. Ahora los miedos crecen por todos lados, hasta aquellos ajenos al agua como en la producción y consumo de alimentos transgénicos, pero el factor agua siempre está presente aun dentro de estos cultivos, ya que las plantas la necesitan para su correcto funcionamiento y dentro de ciertos parámetros.

La agricultura evoluciona, el hombre lleva la nostalgia de su vida primitiva junto de sus compañeros naturales: las plantas y animales, y aunque muchos renieguen de las amenazas que ellos representan en la vida urbana, la tendencia es acercarse y entender dichas conexiones y relacionarse con la naturaleza. De esta manera se mencionan tres ideas básicas que mueven a los procesos productivos de la agricultura.

1. Maximizar ganancia

La idea de maximizar ganancia de la ecuación básica y simplificada para cada productor significa restar de lo que se obtiene, lo que se invierte, y entonces en la agricultura se busca mayor productividad con el mínimo de insumos o el máximo de subvención. Este enfoque de economía individual donde los recursos agua, suelo, planta y atmósfera se dan por default como una fuente inagotable, desde hace mucho tiempo se está haciendo insostenible, y es cuando el segundo enfoque se empieza a requerir, y donde la interacción con el medio ambiente es tomada en cuenta.

2. Minimizar el uso de agua

En este enfoque de minimizar el uso del agua para seguir produciendo lo mismo, se requiere la ciencia y tecnología para aplicar el riego con la máxima eficiencia en todos los aspectos de cuando, cuánto, como y donde regar. Mas aun cuando la calidad del agua es incluida, algunos de los sistemas de aplicación de agua son sensibles a algunas variables.



3. Minimizar la desviación de la demanda actual

Finalmente, la idea de acoplar la demanda con la producción trae como consecuencia eliminar los desechos de productos agrícolas que en la actualidad son un factor analizable, así como tomar en cuenta los costos ambientales. En suma, cualquiera de los dos enfoques finales, requiere programas agresivos de reúso y potabilización al máximo del agua. Esto es política del agua, e incluye al gobierno y a la sociedad.

Modelos

El agua que parecía una fuente inagotable en el uso agrícola, pronto empezó a entrar en conflicto con otros usos como el urbano. La población crece y el uso de agua per cápita también, la ciudad de México es un ejemplo ilustrativo, donde se usan 85 m³/s y se generan aguas negras por 60 m³/s diarios. La ruta de agua limpia a agua negra no es instantánea ni ocurre en un solo punto o varios, sino esto sucede en forma variable y distribuida en todo el valle de México, asimismo el proceso de degradación o enriquecimiento de la calidad es diferente en cada casa, por lo que las acciones de uso y reúso pueden implementarse en la misma escala para hacer un uso más eficiente y ahorrar agua con un buen modelo de manejo de agua.

De esta manera el criterio o el concepto de la calidad del agua también depende del lugar y tiempo donde se aplique, por lo que se han ideado diferentes métodos para medirla que van desde los mecánicos, eléctricos, químicos, y biológicos. Así, la mecánica de medir la calidad del agua ha sido relativamente fácil cuando las magnitudes son tales como son la temperatura, dureza, pH, amoníaco, nitratos, bióxido de carbono, salinidad, turbidez, BOD y bacterias. El problema se complica cuando empiezan a aparecer propiedades organolépticas como son el sabor, olor y color, donde aparecen apreciaciones subjetivas, pero de gran relevancia social (Tsakiris, et al., 2012).

El agua por su origen en condiciones ideales es de gran calidad, pero a medida que empieza a tener contacto con las diferentes actividades del hombre, empiezan diferentes niveles de degradación o enriquecimiento. Por lo tanto, el agua en esta nueva dinámica del ciclo hidrológico y la participación del hombre, genera que en las actividades agrícolas se tiene que echar mano del agua reciclada como un insumo de bajo costo (Burt, et al., 1997).

El primer acercamiento con el agua de reúso sobre todo la gris, es para usarla en jardinería, labores de lavado de carros, ropa e inodoros. Sin embargo poco a poco el agua gris como la negra, se empiezan a ocupar en la producción de alimentos y entonces conscientes de que tarde o temprano los efectos del uso del agua reusada tarde o temprano llegara por los alimentos y resulta necesario informarse no solo de los valores típicos de los componentes de los productos consumidos sino también establecer dietas saludables evitando los niveles tóxicos de algunos elementos químicos por ejemplo de arsénico, fierro, plomo, manganeso y cobre entre otros, o componentes biológicos como son hongos, virus y bacterias.



Tabla 1. Valores umbral de toxicidad de algunos químicos en la salud humana.

Elemento	Máximo valor (ppm/kg)
Arsénico	1 a 1.7
Plomo	5 a 10
Manganeso	20 a 300
Cobre	5 a 30
Fierro	100 a 500

Las plantas de acuerdo a su especie, al igual que los seres humanos son susceptibles de acumular algunos componentes químicos que pueden ser dañinos a la salud humana, por lo que se advierte que las concentraciones varían de acuerdo a la especie, calidad de agua y condiciones del suelo, y que las plantas son receptoras pasivas de oligoelementos absorbidos por las raíces, por lo que tipo de plantas producir o consumir es necesario saber la capacidad de una planta de almacenar elementos tóxicos para la salud (Jones, et al., 1998).

Específicamente, un modelo sencillo de calidad de agua, refleja un balance de entrada y salida con una reacción o cinética de primer orden que genera una ecuación hiperbólica con Q constante:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC) - KC \text{ sujeto a } C = C_0 \text{ en } x = x_0 \quad (1)$$

Donde

- C es la calidad del agua
- A es el área de interés
- Q es el flujo de agua
- K es el coeficiente de degradación
- x es la distancia
- t es el tiempo

Este tipo de ecuación puede tener muchas soluciones y es aplicable para cada especie de contaminante en particular o a un conjunto o grupo de ellos. Dicho modelo puede servir para ver como varía en el espacio y el tiempo la calidad del agua, sin embargo nada nos dice de cómo ni qué tipo de contaminante o especie debe tomarse en cuenta.

La simplificación matemática más inmediata del modelo es cuando el gasto Q es constante y sale de la derivada generando una ecuación unidimensional y las soluciones caen dentro del método de las características con decaimiento cero o $K=0$ en la forma diferencial:

$$\frac{dC}{dt} = a(x, t) \quad (2)$$

Y por lo tanto

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (3)$$



Con solución
 $C=C(x-at)$

(4)

Esto es una ventaja porque podemos usar el modelo físicamente basado para cada especie en particular. Aun más, si el flujo es variable entonces requerimos una ecuación adicional de momento generando un sistema de ecuaciones del tipo Boussinesq. Dichas ecuaciones para casos simplificados pueden resolverse con métodos analíticos, pero en casos más complicados forzosamente es recomendable usar métodos numéricos.

Agricultura urbana

Las ciudades ya han crecido de acuerdo a ciertos criterios que no siempre coinciden con las necesidades que se van teniendo, por eso, actualmente se tienen las tres opciones futuras. Corregir los problemas existentes, adaptarse a las circunstancias y desarrollar nuevos núcleos o clústeres que tomen en cuenta la dinámica del agua y las áreas verdes así como la producción de alimentos.

La agricultura urbana tiene una génesis un poco diferente a la agricultura tradicional, ya que primero empezó con jardines de rosas y especies exóticas ligadas con los gustos de los reyes, y con los centros botánicos. Luego, las plantas empezaron aparecer en las casas de la gente con mayores posibilidades económicas, hasta que en los diseños de las nuevas vialidades en ciudades la relación de espacio verde y habitante empezó a cuantificarse y relacionarse con la calidad de vida.

El siguiente paso ahora es cuando la introducción de invernaderos dentro de la ciudad se ha incrementado con diferentes niveles tecnológicos y aun más cuando hagamos que la sociedad se involucre en la producción de alimentos. En estas circunstancias, empieza la necesidad de clasificar los cultivos así como gradar la calidad del agua en aras de poder relacionarlos adecuadamente.

Primero, los cultivos responden a calidad de agua en formas diferentes, siendo una clasificación plausible en términos de salinidad. Esta idea es un referente que FAO ha utilizado desde hace mucho tiempo con un conjunto de 81 cultivos, donde la tolerancia a la salinidad es relacionada con la producción de frutos, en diferentes categorías que van desde lo muy sensible de 0 dS/m hasta tolerantes de menor a 35 dS/m. Unos ejemplos de sensibilidad máxima de los cultivos son cebolla, guisante y zanahoria y de tolerancia máxima son algodón, cebada y remolacha. Así, cuando los productos son de consumo humano directo o de alta rentabilidad como son las aromáticas, especias o las medicinales, las exigencias de la calidad de agua se incrementan.

Una vez que la población requiere más alimentos, y se percata que el agua negra es una posibilidad de producirlos, entonces todos los espacios disponibles con fuente natural o artificial de luz se convierten en un potencial productivo. Así nace la agricultura urbana, primero con algunas plantas endémicas de la zona, pero cuando los retos son de mayor alcance las azoteas, balcones y paredes son una oportunidad para producir



alimentos de consumo humano y/o animal y donde los gastos de transportación entre productor y consumidor son mínimos.

Muchas ciudades del mundo empiezan a probar dichas iniciativas, y los nuevos desarrollos urbanos ya consideran dichas posibilidades diseñando las plantas de tratamiento cerca de los espacios productivos o saliendo de las casas o colonias, para darle un mejor uso y reúso al agua.

Los beneficios colaterales de la agricultura urbana traen consigo el amortiguamiento del ruido, purificación del aire y disminución de contaminantes, así como el hecho de fomentar las relaciones comunitarias y disminuyendo las neurosis de los habitantes. Estas ideas solo son factibles cuando la educación de los habitantes y los gobiernos de las ciudades coinciden en resolver un paradigma de dichas magnitudes. De hecho, el agua negra de la ciudad de México ha beneficiado al valle de Hidalgo, y viceversa, porque los alimentos producidos en dicho valle regresan a la Ciudad de México, y los vegetales no discriminan y aprovechan de forma efectiva la gran cantidad de materia orgánica.

Conclusiones

En la idea de solo producir alimentos, primero se encontró con el problema de la nutrición sobre todo de nitrógeno al principio y entonces con un proceso industrial de fertilización se trató de resolver dicho problema, quedando dentro del ámbito de la química junto con la mecanización donde la energía fósil era barata y parecía inagotable. Posteriormente, cuando la demanda crece y el potencial de los cultivos se lleva a su límite, las variables climáticas empiezan a tomarse en cuenta, generando la industria de cultivos bajo techo con diferentes grados de tecnificación hasta llegar al de una agricultura controlada o industrializada.

Aquí cuando la producción aumenta, la correlación directa con el consumo de agua y cantidad de energía suministrada también se incrementa. Las necesidades del mercado hacen que la agricultura industrial crezca y el proceso de contaminación de agua también, por lo que se requiere mejorar el reúso del agua y su potabilización.

Asimismo, cuando la producción de alimentos está ligada con las condiciones de salud de la población, la agricultura toma una nueva dimensión donde la agricultura se trata de mimetizar con el mínimo disturbio de la naturaleza o coincidir con las políticas públicas que la hagan sustentable y alineadas con el uso de suelo, cambio climático y seguridad alimentaria.

El agua en general es un recurso limitado y su volumen prácticamente no ha cambiado ni cambiara en forma significativa en los próximos años y el agua para riego no es la excepción pues depende de la precipitación del ciclo del agua, aunque con el calentamiento global la precipitación por simple ley física se incrementará con una distribución diferente sobre la faz de la tierra al igual que la evaporación, por lo que los procesos fisiológicos se aceleran y para producir la misma cantidad de alimentos se



requerirán diferentes volúmenes de agua con una readaptación de los calendarios de riego, esto es el nuevo desafío de como, cuando, cuanto y donde regar.

Esto puede sonar paradójico, pero solo es una observación complementaria relacionada con la aceleración fisiológica de las plantas, ya que todos los métodos modernos de producción de alimentos buscan la eficiencia ya sea en kg de producto por unidad de área, o en kg de producto por cantidad de agua utilizada.

Referencias Bibliográficas

Burt, T. P. and Johnes, P. J. (1997) Managing water quality in agricultural catchments. Transactions of the Institute of British Geographers 22, 1, 61-69

Lee, G. F., Jones-Lee A., 1996, Appropriate Use of Numeric Chemical Water Quality Criteria, Health and Ecological Risk Assesment, pp, 1:5-11 Letter to the Editor, Supplemental Discussion 2: 233-234.

Tsakiris, G., Alexakis, D, 2012, Water Quality: An Overview, European Water, pp 37:33-46.

<http://www.fao.org/docrep/005/Y4263E/y4263e0e.html>