



Programa de Manejo, Uso y
Reuso del Agua en la UNAM

Informe de avances 2011





Informe de avances 2011

Director:

Dr. Fernando Jorge González Villareal

Coordinador Ejecutivo:

Dr. Rafael Val Segura

Coordinador de Balance Hidráulico:

Ing. José Daniel Rocha Guzmán

Coordinadora de Calidad del Agua:

Dra. María Teresa Orta Ledesma

Instituto de Ingeniería:

Dra. María Teresa Orta Ledesma

Instituto de Ecología:

Dra. Marisa Mazari Hiriart

Facultad de Medicina:

Dra. Yolanda López Vidal

Coordinadora de Comunicación y Participación:

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

Coordinador del Sistema de Información Geográfica:

M. en C. Javier Osorno Covarrubias



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Lic. Enrique del Val Blanco
Secretario Administrativo

Dr. Francisco José Trigo Tavera
Secretario de Desarrollo Institucional

M. C. Miguel Robles Bárcena
Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Luis Raúl González Pérez
Abogado General

Dr. Héctor Hiram Hernández Bringas
Coordinador de Planeación, Presupuestación y Evaluación

Dra. Estela Morales Campos
Coordinadora de Humanidades

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Mtro. Sealtiel Alatríste y Lozano
Coordinador de Difusión Cultural

Dr. Jaime Martuscelli Quintana
Coordinador de Innovación y Desarrollo

Lic. Enrique Balp Díaz
Director General de Comunicación Social

Índice de contenido

Índice de contenido	1
Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	7
BALANCE HIDRÁULICO	9
I. Objetivo	9
II. Avances	9
III. Sistema Automático de Lectura.....	11
A. Interfaz de mediciones y sistema SCADA	12
IV. Recuperación de caudales.....	13
V. Levantamiento de cisternas	14
VI. Control de presiones.....	14
VII. Programa de muebles de baño.....	15
VIII. Estudio de captación de agua de lluvia.	15
IX. Análisis de Información del sistema de medición.....	15
CALIDAD DEL AGUA	19
I. Objetivo	19
II. Avances	19
III. Abastecimiento, suministro y consumo	20
A. Abastecimiento	20
B. Suministro	21
1. Monitoreo en la red de distribución de agua potable en el campi CU.....	21
a) Conclusiones y Recomendaciones	22
2. Monitoreo de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua potable en el campi CU	23
a) Objetivos.	23
b) Reconocimiento en campo de las Cisternas existentes en CU.....	23
3. Análisis de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua para uso y consumo humano.	24
4. Análisis de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua para uso y consumo humano para usos diversos dentro de CU.	25

5. Observaciones sobre el estado físico de las cisternas de almacenamiento de agua potable.....	26
C. Consumo	27
1. Monitoreo en tiempo real, on-line del agua potable en el campus CU	27
IV. Agua pluvial	28
V. Agua residual	29
A. Acciones en las plantas de tratamiento	29
B. Influentes de las plantas de tratamiento	29
C. Efluentes de las plantas de tratamiento	30
D. Cisternas de almacenamiento de agua residual tratada para riego	31
E. Planta de tratamiento de agua residual del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación (IISUE) dentro del campi CU	33
VI. Aplicación de herramientas de análisis.....	34
VII. Actividades en otros Campi de la UNAM	35
A. Campus Juriquilla	35
1. Conclusiones y Recomendaciones campi Juriquilla	36
B. Campus Morelia	37
1. Conclusiones y Recomendaciones campi Morelia.....	38
VIII. Revisión y comentarios al proyecto de NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-000-SSA1-2010, emitida por la COFEPRIS	39
COMUNICACIÓN / PARTICIPACIÓN.....	41
I. Objetivo.....	41
II. Avances	41
III. Actividades en Ciudad Universitaria	42
A. Comunicación.....	42
1. Realización del festival H2O: efecto esperado	42
a) Área de exhibición y eventos artísticos.....	42
b) Concursos	43
c) Intervenciones de espacios	43
d) Talleres de artes plásticas	44
e) Pláticas con artistas	44
f) Muestra cinematográfica	45
g) Intervenciones sonoras	45
2. Participación en Megaofrenda 2011	45

3. Participación en evento de bienvenida a alumnos de nuevo ingreso, Facultad de Ciencias	46
B. Capacitación “taller dirigido a personal de mantenimiento”	46
IV. Actividades en la UNAM, fuera de Ciudad Universitaria	46
A. Aplicación de cuestionarios a alumnos de bachillerato de la UNAM	46
B. Colaboración con campi externos.....	47
C. Muestra cinematográfica	47
D. Festival Tú Biodiversidad.....	48
E. Actividades de educación ambiental en escuelas primarias.....	49
F. Pláticas sobre PUMAGUA.....	49
V. Nueva página web	49
VI. Presencia en medios.....	50
VII. Observatorio del Agua- UNAM.....	51
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	53
I. Objetivo	53
II. Avances	53
III. Proceso de adopción e implementación del modelo	54
ACCIONES PUMAGUA	59
I. Balance Hidráulico.....	59
II. Calidad del Agua.....	59
III. Comunicación / Participación.....	60
PLANES PARA EL 2012.....	61
I. Balance	61
II. Calidad del Agua.....	62
III. Comunicación / Participación.....	63
PUBLICACIONES.....	65
I. Balance	65
A. Congresos	65
B. Cursos	65
C. Tesis en desarrollo.....	65
II. Calidad del Agua.....	66
A. Congresos	66
B. Tesis en desarrollo.....	66
III. Comunicación / Participación.....	67

Informe de avances PUMAGUA. 2011

A. Congresos	67
B. Artículos de divulgación	67
INFORME FINANCIERO 2011.....	69
COLABORADORES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	79

Índice de Figuras

Figura 1. Trabajos de eliminación de fugas en el campus de CU. UNAM	13
Figura 2. Extracción de los Pozos sin considerar el volumen destinado al riego de áreas verdes.	17
Figura 3. Balance Hidráulico 2011.....	18
Figura 4. Monitoreo en puntos de la red de distribución de agua potable en el campi CU.	21
Figura 5. Cisternas de almacenamiento de agua existentes en el campi CU.....	23
Figura 6. Niveles de cloro residual libre detectados en el agua de las cisternas de almacenamiento en el campi CU	24
Figura 7. Porcentaje de cisternas para almacenamiento de agua para uso y consumo humano que no cumplen con la concentración de cloro residual libre durante 2011.	25
Figura 8. Estado físico de deterioro en que se encuentran algunas cisternas de almacenamiento de agua potable.	26
Figura 9. Sistema de monitoreo en línea del Instituto de Ingeniería, UNAM.	27
Figura 10. Cisternas de almacenamiento de agua pluvial.....	29
Figura 11. Cajas enterradas donde se encuentra la planta de tratamiento del IISUE.	33
Figura 12. Componentes del tratamiento primario y terciario.....	34
Figura 13. Reducción de infectividad de rotavirus inoculados en una matriz vegetal (lechuga).35	
Figura 14. Stand PUMAGUA y Concierto de Brass Street Boys, en <i>H2O: efecto esperado</i>	43
Figura 15. Intervención de espacio en la Facultad de Medicina.	44
Figura 16. Taller de máscaras en la Escuela Nacional de Trabajo Social.....	44
Figura 17. Personal de Comunicación/Participación, Balance Hidráulico y.....	45
Figura 18. Invitación a la exposición “Por el disfrute del agua”	48
Figura 19: Stand de PUMAGUA en la Exposición <i>Tú Biodiversidad</i>	48
Figura 20. Nueva página web de PUMAGUA.	50
Figura 21. Componentes de la Interfaz de usuarios.....	55
Figura 22. Herramientas de navegación.	56
Figura 23. Herramientas de selección y consulta.....	57
Figura 24. Herramientas de selección y consulta.....	58
Figura 25. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.....	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Fugas de agua detectadas, ubicadas y reparadas con apoyo de la DGOyC.....	13
Tabla 2. Promedio de los parámetros analizados en la red de distribución de agua potable en el campi CU, 2011.....	22
Tabla 3. Número de cisternas donde la concentración de cloro residual libre se detectó fuera de los límites establecidos por la normatividad.....	24
Tabla 4. Promedio mensual de los valores de parámetros fisicoquímicos detectados en línea durante 2011.....	27
Tabla 5. Relación del número de días con eventos fuera de norma y el tiempo efectivo durante el cual no se cumple con los límites establecidos, año 2011.....	28
Tabla 6. Muestras de agua residual de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales positivas para Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum	30
Tabla 7. Muestras de agua residual tratada de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales positivas para Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.	30
Tabla 8. Muestras de agua almacenada en cisternas positivas para Giardia lamblia y Cryptosporidium parvum.	31
Tabla 9. Presencia de ETEC LT y Mycobacterium spp. en muestras de agua subterránea y residual del 2010	32
Tabla 10. Resultados del análisis en agua para uso y consumo humano campi Juriquilla.	36
Tabla 11. Resultados del análisis en la planta de tratamiento del campi Juriquilla.....	36
Tabla 12. Resultados del análisis en agua para uso y consumo humano del campi Morelia.	37
Tabla 13. Resultados del análisis en la planta de tratamiento del campi Morelia.....	37

BALANCE HIDRÁULICO

I. Objetivo

El objetivo del área de Balance Hidráulico es establecer y dar seguimiento a las acciones que motiven la recuperación de caudales, así como reducir el consumo de agua potable, mediante el uso de tecnologías de punta que propician el ahorro del agua y el intercambio de agua potable por reuso dentro de los campi de la UNAM.

II. Avances

Durante 2011 se continuó con los seis programas de uso eficiente de agua iniciados durante 2010, logrando con ello una importante recuperación de caudales de agua potable:

- Incremento en la cobertura de medición de suministros y consumos de agua vía remota, tanto en Ciudad Universitaria (CU) como en entidades externas.
- Seguimiento a la instalación de muebles de baño de bajo consumo.
- Instalación de equipos para controlar presiones en la red de distribución.
- Elaboración de un estudio sobre captación de agua de lluvia.
- Ahorro de agua en riego con la colocación de vegetación nativa del Pedregal de San Ángel.
- Inicio y seguimiento de acciones de uso eficiente en entidades universitarias externas.

De acuerdo al diagnóstico realizado en CU por **PUMAGUA** en el año 2008, el caudal que se fugaba por la red de distribución corresponde a un 57% (4,898 m³/día ó 56.7 l/s) del suministro total, en tanto que el consumo por parte de los 132,000 usuarios representaba el 23% (1,982m³/día ó 22.95 l/s) y el riego de áreas verdes con agua potable demandaba un 20% (1,753m³/día ó 20.3 l/s) del suministro total (8,640m³/día ó 100 l/s).

En 2011, de acuerdo con las mediciones de extracción de los tres pozos que abastecen al campus de CU, el suministro al sistema es de 77.2 l/s (6,722 m³/día), lo cual constituye una reducción neta de 22.8 l/s (1,918 m³/día) a los 100 l/s extraídos en promedio en 2008, es decir cerca de un 23%. Esto ha sido posible gracias a la ejecución de acciones conjuntas con la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) para la recuperación de caudales en líneas primarias, secundarias, núcleos de baños y de la colaboración de más de 100 entidades universitarias con el **PUMAGUA**. Esto equivale a decir que, en términos de reducción de extracción de agua, se alcanzó la mitad de la meta propuesta cuando inició el Programa (50%).

Actualmente, se cuentan con 158 micro medidores instalados en la Universidad, 56 se monitorean de manera continua, el resto está situado en lugares que aun no se instalan las antenas concentradoras o bien, aun no son enlazados a este sistema. De manera diaria, se monitorean los medidores enlazados al sistema y se pone énfasis en los que el sistema indica una posible fuga; sin embargo, se está trabajando para que en el año 2012 se concluyan los trabajos de montaje de este sistema para disponer de un monitoreo completo del suministro y consumo de agua.

Se iniciaron los trabajos para contar con una plataforma de análisis y despliegue de información de los medidores de agua; a través de un monitoreo en el suministro de agua generando una base de datos que contenga información sobre las condiciones físicas y de operación de los equipos instalados, así como alarmas de existencia de fugas, fechas de mantenimiento a medidores, responsables de las instalaciones, etc. También, se suministrará información a la página web de **PUMAGUA** y al Sistema de Información Geográfica. Por otro lado, se contará con un control operativo sobre el sistema de agua potable y se efectuará un monitoreo en línea de la calidad del agua que se extrae de los pozos y del agua que se distribuye por la red de abastecimiento. También se podrá realizar la lectura de los medidores que se encuentran instalados en otros campi de la UNAM, de tal forma que se reportarán los consumo y posibles fugas a cada uno de los responsables de los campi.

Una vez terminada la plataforma, será posible conocer con precisión el volumen de agua que emplea la universidad en las diversas actividades que realiza diariamente y en consecuencia, continuar instrumentando políticas para un mejor uso, manejo y reuso del agua.

Dentro del campus de CU, durante 2011 se continuó con la búsqueda de fugas en líneas principales y en el interior de las dependencias, así como en la sectorización y control de presiones en la red. Se llevaron a cabo recorridos con personal de la DGOyC para validar el aislamiento hidráulico de los sectores. Como resultado de estos trabajos, este año se logró recuperar 25 l/s que se perdían en fugas, recuperando en estos 4 años un total de 43 l/s.

Con la modelación matemática que se cuenta de la red de distribución de agua potable de CU, es posible establecer la operación del sistema una vez que las válvulas reguladoras de presión estén instaladas, con esta acción se podrán recuperar del orden de 17 l/s. En coordinación con la DGOyC se continuará con un programa de detección y recuperación de caudales a través de la estrategia de sub sectorización, en combinación con la sustitución de tuberías principales, lo que permitirá recuperar un caudal aproximado de 8 l/s. Con estas estrategias, en total se recuperarán otros 25 l/s, que dejarán de extraerse de los pozos que abastecen a CU.

Una vez que se deje de emplear agua potable para el riego de grandes áreas verdes, se cuente con las válvulas reguladoras de presión, se continúe con la recuperación de caudales en tuberías, se realice la rehabilitación de líneas principales, y se haga una nueva calibración del modelo matemático; se reflejará una reducción de caudales en la extracción de agua en los pozos. De acuerdo a estimaciones preliminares, el impacto de estas acciones generará un ahorro de agua en un 40% el suministro de agua en relación a 2008.

A lo largo de 2011, con el programa de muebles de baño se ha trabajado en conjunto con 50 entidades de la UNAM, en las que se tienen instalados más de 3,400 muebles de baño de bajo consumo representando un ahorro estimado de 3 l/s. Esta sola acción, representa un ahorro del 40% del agua que se suministra a los edificios.

Lo realizado durante este año 2011 muestra que la coordinación conjunta entre los principales actores en el manejo del agua en la Universidad puede llegar a reflejar excelentes resultados. Sin embargo, es importante que se continuara con estos esfuerzos por parte de estos actores y se sumen aquellos que aun no han establecido alguna política de mejor manejo y uso del agua dentro de su institución. En algunas dependencias se llega a mostrar desinterés en los equipos de medición y los quitan al menor problema que presentan sus instalaciones, o bien durante los cambios de administraciones, los nuevos encargados no tienen conocimiento de sus instalaciones y menos aun de que hay equipos de medición bajo su responsabilidad, este desconocimiento hace que se dañen los medidores y se pierda información valiosa. Es por ello, que al esfuerzo que hace la UNAM por ser punta de lanza en el manejo, uso y reuso del agua sea apoyado por todas las dependencias universitarias y por todos los universitarios, ello se verá reflejado en las políticas públicas del agua en México.

III. Sistema Automático de Lectura

Durante este año 2011 se terminaron los trabajos de identificación y levantamiento de tomas de agua potable en las entidades universitarias congregadas en CU, los cuales fueron necesarios para el montaje del Sistema Automático de Lectura de los caudales suministrados. Al cierre de este año se dispone de una cobertura de medición del 56 %, midiendo 35 mil metros cúbicos mensuales de los 200 mil, que en promedio, se extraen de los tres pozos.

Se continuó con los trabajos referentes a la macro medición, los cinco medidores electromagnéticos propuestos para cada sector hidráulico fueron transferidos a la DGOyC. Se han instalado a la fecha cuatro de estos equipos, en espera de contar con energía eléctrica para iniciar su funcionamiento y así cuantificar lo que entra a cada sector. Queda pendiente por instalar el macro medidor correspondiente al sector hidráulico 1.

En lo que respecta a la instalación de los concentradores de lecturas (Gateway) en este año ha sido posible alcanzar un avance del 90 % respecto a la meta propuesta. Faltando únicamente por instalar dos concentradores de lecturas.

Los trabajos de micro medición han permitido la entrega de 228 micro medidores, de los 261 (100%) propuestos para instalarse exclusivamente en CU. De éstos se ha instalado, hasta diciembre de 2011, un total de 158 (60.5 %) micro medidores. En términos generales, durante este año el montaje de este sistema presenta un 70% de avance.

Los trabajos de medición desarrollados durante 2011 han permitido la elaboración de un primer diagnóstico del estado de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Aragón, Acatlán e Iztacala, así como de los campus de Juriquilla y Morelia. Recientemente se han incorporado a los trabajos de **PUMAGUA** la FES Zaragoza, en donde se iniciarán trabajos a principios de 2012.

Actualmente, las mediciones de las entidades universitarias son mostradas a la comunidad universitaria en la página de **PUMAGUA** de manera mensual. Se sugiere consultar los anexos *Equipos de medición y Descripción del sistema de lectura y trabajos con entidades externas* para mayor detalle.

A. Interfaz de mediciones y sistema SCADA

Para contar con un análisis de la información que se está obteniendo de las mediciones de la micro medición, así como una rápida detección de fugas dentro de los edificios y un control operativo sobre ciertos elementos del sistema de agua potable, se trabajó en un sistema SCADA (Sistema de Adquisición y Control de Datos Supervisado a Distancia, por sus siglas en Inglés) para la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por una parte, este sistema permitirá llevar a cabo un monitoreo del suministro de agua de manera más expedita e integrar una base de datos que contenga información referente a las condiciones físicas y de operación de los equipos instalados, así como disponer de alarmas de existencia de fugas, fechas de mantenimiento a medidores, responsables de las instalaciones, etc. Por otro lado, se ejercería un control operativo sobre elementos del sistema de agua potable y se efectuará un monitoreo en línea de la calidad del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento y del agua que se distribuye por la red.

Actualmente, se trabaja en el desarrollo de una plataforma de análisis y despliegue de información de las mediciones de agua de cada edificio y pozos de CU; se irán incluyendo, conforme se vaya avanzando, la información que se vaya generando con las mediciones de caudales en los campi de la UNAM. Esta misma plataforma incluirá información de calidad del agua (tanto potable como de residual tratada), e información relativa a la comunicación y participación de las entidades universitarias en el programa. Entre otras cosas, permitirá el despliegue de información vía internet por cada uno de los medidores instalados a la cual se tiene acceso por medio de un usuario y contraseña específico, la emisión de nuevas alarmas, análisis de la información, elaboración de balances volumétricos, etc. Se sugiere consultar los anexos *Alcances de sistema SCADA y Descripción del sistema de lectura para mayor detalle*.

IV. Recuperación de caudales

Durante este año, se lograron recuperar 25 l/s, en parte gracias al sistema de medición vía remota que actualmente **PUMAGUA** está instalando. Las fugas más significativas se encontraron en la Facultad Química (10 l/s), en el Estadio Olímpico (3 l/s), Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (2.1 l/s), Instituto de Investigación en Materiales (1.5 l/s), Instituto de Ecología (1.2 l/s), Instituto de Física (1 l/s), Dirección General de Servicios Médicos (0.7 l/s), Instituto de Química (0.3 l/s) e Instituto de Ingeniería (0.2 l/s). Ver Figura 1 y Tabla 1.

Adicionalmente, con el propósito de controlar presiones y fugas en la red de distribución, se ha instalado una válvula reguladora de presión en el punto de suministro del sector hidráulico 3, una vez que esté funcionando se espera reducir el consumo en 8 l/s. Actualmente se trabaja con la DGOyC en las primeras pruebas de regulación de presiones.



Figura 1. Trabajos de eliminación de fugas en el campus de CU. UNAM

Tabla 1. Fugas de agua detectadas, ubicadas y reparadas con apoyo de la DGOyC

Caudal recuperado durante 2011		
Dependencia	Sector Hidráulico	Gasto recuperado (l/s)
Facultad de Química	1	10.0
Instituto de Química	1	0.2
Instituto de Ingeniería	1	0.2
Dirección General de Servicios Médicos	2	0.7
Instituto de Investigación en Materiales	3	1.5
Estadio Olímpico	4	3.0
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	5	2.1
Instituto de Física	3	1.0
Facultad de Economía	2	3.0
Instituto de Ecología	5	1.2
Subdirección de Fútbol Americano	1	1.0
Edificio Multifamiliar	5	1.0
TOTAL		24.9

En el anexo *Recuperación de caudales* se detalla la información sobre la recuperación de caudales a lo largo del año.

En lo que respecta a los resultados de los trabajos de recuperación de caudales en líneas principales y al interior de las entidades académicas, fue necesario desarrollar estrategias de sub sectorización de la red que dieron buenos resultados al ejecutarlas en campo. De esta manera, fue posible establecer 19 sub sectores para la ubicación de fugas de manera más inmediata. En el Anexo *Sub sectorización* se muestran los avances en estos trabajos.

V. Levantamiento de cisternas

Se concluyó con los trabajos de levantamiento e inspección de cisternas de agua potable de CU. El objetivo fue contar con un inventario de estos elementos que existen en el campus, sus condiciones actuales de operación, presencia de fugas y capacidad de almacenamiento, de tal manera que pudieran llevarse las acciones necesarias para su correcta operación, así como evitar desperdicios de agua en las instalaciones y problemas derivados de ellas. Como resultado de estos trabajos se ubicó dentro del campus un total de 74 cisternas de agua potable en 48 dependencias, con una capacidad de almacenamiento de 4,500 m³ de agua.

Es importante mencionar, que aún cuando la presión de la red en zonas donde se ubican el 60% de las cisternas es mayor a los 30 metros de columna de agua, se han colocado cisternas que rompen la presión para, posteriormente, mediante un equipo hidroneumático dar una carga similar. Estas acciones generan un gasto innecesario de energía y de recursos económicos en la construcción y mantenimiento de cisternas en sitios en donde quizá no sean tan necesarias; así como problemas de calidad del agua. Se sugiere consultar el anexo *Levantamiento de Cisternas* para mayor detalle.

VI. Control de presiones

Con la presencia de fugas en un sistema, la presión es el segundo factor más importante después del estado de la infraestructura. De acuerdo a los resultados de la simulación de la red de agua potable de CU, se recomendó segmentar la red en cinco Sectores Hidráulicos, tomando como principal criterio las presiones (y en consecuencia la topografía). En los Sectores Hidráulicos 1 y 3 se recomendó llevar a cabo un control de presiones a través de la instalación de válvulas reguladoras de presión con el propósito de controlar presiones y reducir fugas en el sistema de agua potable, las cuales fueron transferidas a la DGOyC para su instalación.

En coordinación con la DGOyC se instaló una válvula reguladora de presión en el Sector Hidráulico 3, que es uno de los sectores que presenta con presiones altas y en donde se espera recuperar caudales hasta en 8 l/s. Actualmente se trabaja en las primeras pruebas de regulación de presiones, ya que se tiene la sospecha de que la eliminación de pérdidas de agua en la red está incrementando la presión en la misma, con lo cual las fugas existentes pueden incrementarse, o bien, aparecer nuevas.

VII. Programa de muebles de baño

El programa de cambio de muebles de baños ha dado buenos resultados, al permitir la reducción de 40% del consumo de agua en el interior de los edificios. Con la participación de las dependencias, en 2011, se sustituyó un total de 942 muebles de baño en la Universidad, logrando en estos cuatro años la sustitución de 3450 muebles de baño ahorradores. Actualmente, la DGOyC toma en cuenta las fichas técnicas realizadas por **PUMAGUA** para los nuevos proyectos de construcción en la UNAM, logrando un ahorro de agua en los nuevos edificios. Por otra parte, se puso a prueba la nueva tecnología de mingitorios secos, los cuales fueron instalados en la FES Iztacala de la UNAM, donde ha mostrado excelentes resultados, tanto por el mínimo mantenimiento como en la disminución de olores.

Dando continuidad con las actividades realizadas del año pasado, se llevó a cabo el segundo taller de seguridad en fluxómetros, en donde se acordó que se tendrían los sistemas de seguridad diseñados por las empresas Helvex y Sloan. Esto con la finalidad de evitar el robo de fluxómetros dentro de las instituciones universitarias, lo cual incrementa los costos de mantenimiento en los baños.

En el anexo *Programa de muebles de baño* se tiene mayor detalle del programa.

VIII. Estudio de captación de agua de lluvia.

La captación y aprovechamiento de agua de lluvia en México y el resto del mundo ha sido desde mucho tiempo atrás una práctica que ha servido para abastecer a comunidades rurales e incluso urbanas de este líquido. En la UNAM, se tiene el conocimiento de acciones que se han llevado a cabo dentro de CU, enfocadas a captar y aprovechar el agua de lluvia reduciendo el suministro de agua potable que emplean para sus actividades diarias.

La DGOyC ha implementado algunas acciones en CU para el aprovechamiento de agua de lluvia, entre las que destacan: la construcción de lavaderos en las vialidades para la canalización del agua de lluvia hacia grietas, así como la perforación de 16 pozos de absorción de agua de lluvia en puntos estratégicos, evitando serias inundaciones en esos puntos. En el anexo *Estudio de captación de agua de lluvia* se especifican los estudios con mayor detalle.

IX. Análisis de Información del sistema de medición

Con todas estas acciones llevadas a cabo a lo largo de este año 2011, es posible realizar un nuevo Balance Hidráulico en Ciudad Universitaria, que muestra la extracción actual en 84.7 l/s; sin embargo, si no consideramos los 7.4 l/s que se extrajeron para riego debido al paro de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua, este balance mostraría una extracción promedio de 77.3 l/s que, en relación con la extracción promedio de 2008 estimada en 100 l/s, representa una disminución neta de 22.7 l/s en la extracción de los pozos (ver Figura 2).

PUMAGUA, a través de la Coordinación de Balance Hidráulico y la colaboración estrecha con la DGOyC, ha recuperado en estos cuatro años un total de 44 l/s, lo que en primera instancia podría parecer incongruente con la reducción de 22.7 l/ que se han dejado de extraer de los

pozos. Para comprenderlo, es necesario considerar que al recuperar caudales en la red de distribución, la presión en ésta aumenta, con lo cual el caudal aumenta en algunas fugas o bien se hace la aparición de nuevas pérdidas de agua en la red. **PUMAGUA** ha estimado que con la puesta en marcha de las dos válvulas reguladoras de presión en CU, se podrán recuperar del orden de 17 l/s, los cuales contribuirán a disminuir la extracción de agua de los pozos.

El nuevo balance, realizado con información de la micro y macro medición disponible, muestra que el 25 % de lo extraído de los pozos se consume en los edificios de Ciudad Universitaria (50,000 m³/mes); el riego de áreas verdes demanda 30 % (60,700 m³/mes) y las pérdidas representan un 45 % de los 77.2 l/s que se extraen actualmente de los tres pozos, ver Figura 3.

El nuevo balance hidráulico llama mucho la atención, sobre todo, si consideramos que actualmente el 70 % del agua que se extrae se pierde y se ocupa para el riego de áreas verdes de una manera poco eficiente. Es importante centrar las acciones de uso eficiente de agua tanto en riego como en recuperación de caudales; pero hacerlo implica una fuerte inversión económica, sobre todo para las acciones como implementar sistemas de riego automático, el intercambio de agua potable por agua residual tratada, así como incrementar las áreas verdes sin necesidad de riego.

Durante 2012 será posible recuperar caudales una vez puesto en marcha el control de presiones, permitiendo un ahorro de 17 l/s. Con la entrada en operación de las Plantas de Tratamiento, se espera se reduzcan las áreas verdes que se riegan con agua potable y se incrementen las superficies con vegetación con poco riego y se rieguen mas áreas verdes con agua de reuso, estas acciones representan un ahorro de 10 l/s. La continuidad en la sustitución de los muebles de baño representa un ahorro de 1 l/s, considerando que durante 2011 se cambiaron 1000 muebles de bajo consumo. De esta manera, CU podría llegar a la meta propuesta, reducir su consumo en un 50%, durante este 2012.

Es claro para **PUMAGUA**, que durante 2012 los esfuerzos estarán enfocadas a replicar estos resultados a los demás campus de la Universidad y más allá de estos.

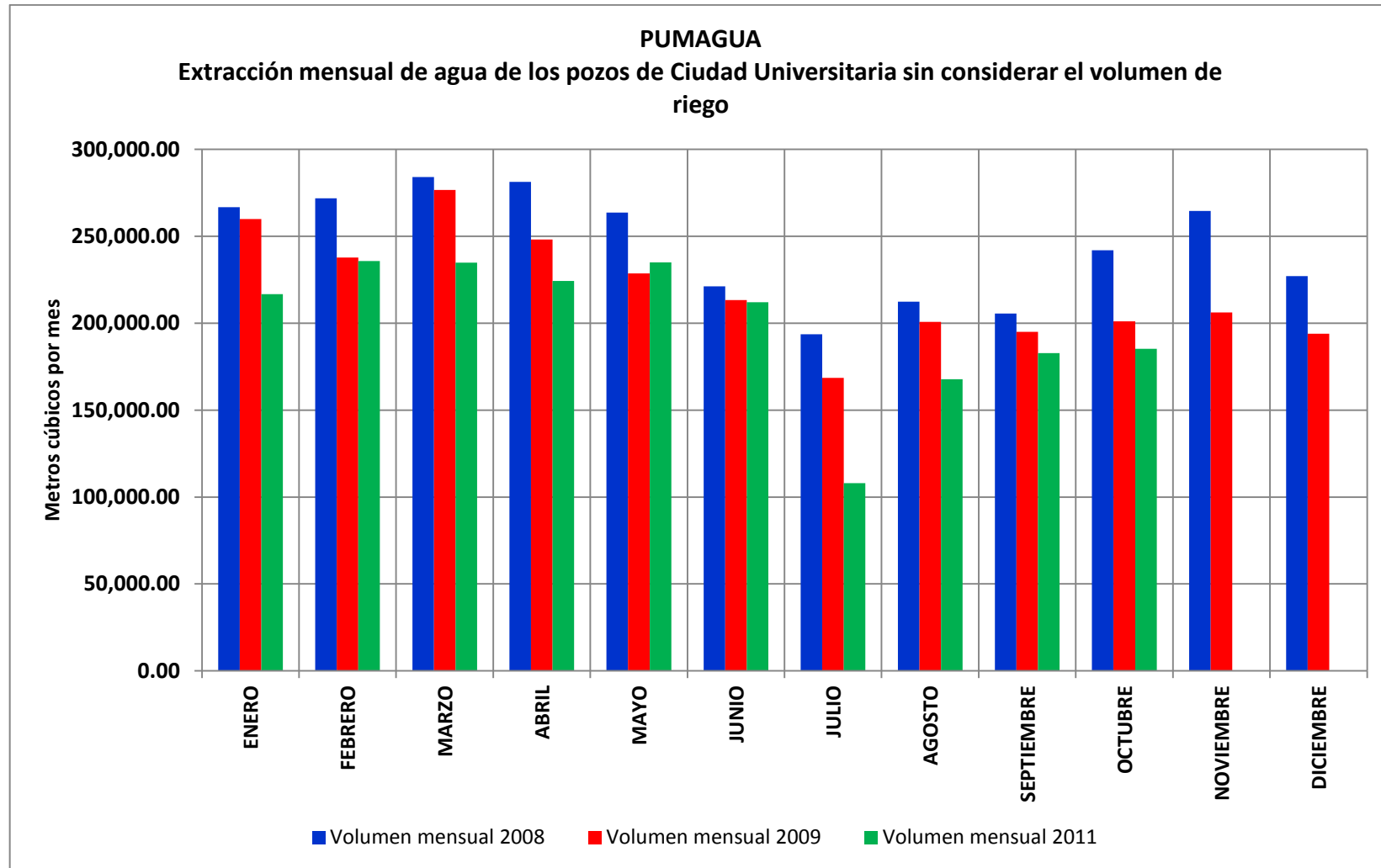


Figura 2. Extracción de los Pozos sin considerar el volumen destinado al riego de áreas verdes.

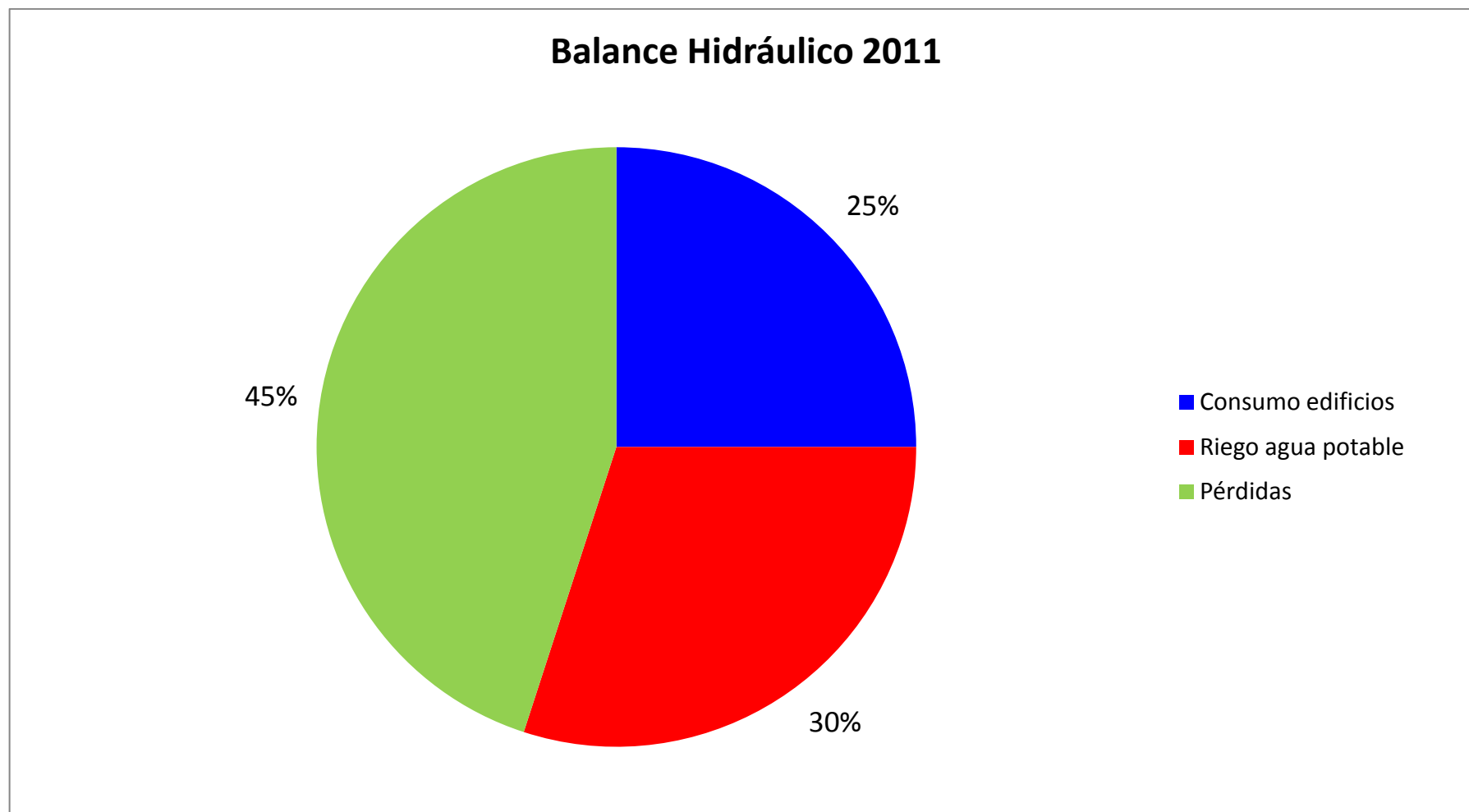


Figura 3. Balance Hidráulico 2011.

CALIDAD DEL AGUA

I. Objetivo

Su objetivo principal es analizar la calidad del agua potable y del agua residual tratada para verificar el cumplimiento con las normas más estrictas y garantizar que sea saludable en sus distintos usos: agua para uso y consumo humanos, agua residual tratada para riego de áreas verdes. Así también, diagnostica los sistemas de desinfección de agua potable y las plantas de tratamiento de agua residual, para proponer las mejoras necesarias.

II. Avances

En el 2011 las tres dependencias universitarias que integran la coordinación de calidad de agua realizaron las siguientes actividades: Instituto de Ingeniería, evaluó la calidad del agua para uso y consumo humano y agua tratada para reuso considerando lo que se establece en las NOM-127-SSA1-2000 y NOM-003-SEMARNAT-1996, así como monitoreo en tiempo real de 6 parámetros físico-químicos indicadores de la calidad del agua en CU y desarrollo actividades en otros campi de la UNAM y en instituciones externas. Así también, participó en la revisión de la normatividad en materia de agua para uso y consumo humano ante las entidades gubernamentales competentes.

El Instituto de Ecología, analizó la calidad del agua a partir de indicadores microbiológicos alternativos no considerados en las Normas Oficiales Mexicanas, como son enterococos fecales, bacteriófagos, enterovirus y adenovirus.

La Facultad de Medicina, continuó con el procesamiento de las muestras de agua del 2010 para detección de bacterias patógenas o potencialmente patógenas, que son transmitidas por agua y que son agentes causantes de enfermedades diarreicas ocasionadas por diferentes microorganismos que pueden producir diversas infecciones cuyo vehículo de transmisión es el agua (Castillo-Rodal et al., 2011).

III. Abastecimiento, suministro y consumo

A. Abastecimiento

Durante el 2010 se tomaron muestras de agua subterránea de gran volumen que fueron concentradas por el método de ultrafiltración (Polaczyk et al., 2008) y conservadas en congelación (-70oC); en el 2011 fueron procesadas por parte del Instituto de Ecología para la detección de parásitos. La detección de parásitos se realizó utilizando como indicadores a quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum*. Ambos indicadores han sido evaluados en diversos trabajos (Moe, 2007; Karanis et al., 2008) y en diversos tipos de agua (Chaidez et al., 2005; Díaz-Cinco et al., 2003), consistentemente se ha llegado a la conclusión de recomendarlos como indicadores para el monitoreo y control de la calidad microbiológica del agua. Los métodos utilizados para la detección de quistes de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* fueron concentración por ultrafiltración y centrifugación (Polaczyk et al., 2008), y fueron visualizados por microscopia de inmunofluorescencia utilizando anticuerpos monoclonales tomando como base la metodología reportada por Crabtree et al. (1996).

En agua subterránea las muestras analizadas fueron negativas a la presencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum*. Debido a que se trata de agua subterránea (sin desinfectar) se puede considerar que la fuente de abastecimiento de CU no muestra evidencia de contaminación por parásitos. Sin embargo, es recomendable plantear la inclusión de estos indicadores en el monitoreo de calidad de agua a pesar de que la NOM-127-SSA1-2000 no los considere como indicadores de contaminación microbiológica. La propuesta se basa en el hecho de que al menos la giardiasis es una enfermedad de relevancia epidemiológica en México y es transmitida por agua y alimentos.

La Facultad de Medicina continuó con el procesamiento de las muestras del 2010 obtenidas de cada uno de los pozos, con los cuales se evaluó la calidad del agua subterránea. Los parámetros microbiológicos determinados para cada muestra fueron: *Campylobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *ETEC* y *Mycobacterium spp.* Con respecto a la detección de bacterias patógenas que causan infecciones gastrointestinales, es relevante mencionar que fue detectada la presencia de *ETEC* en dos muestras del pozo de Química una en la temporada cálida-seca y la otra en la temporada de cálida-lluvias, por medio de la técnica de PCR-Hibridación utilizando como sonda el gen eltB que codifica para la toxina termolábil (ver figura 9 del anexo de *Calidad del Agua*). La OMS calcula que la *E. coli ETEC* provoca 200 millones de casos de diarrea cada año en países en vías de desarrollo y a pesar de ser una causa extremadamente importante de diarrea en estos países las infecciones por *E. coli ETEC* no han sido suficientemente reconocidas.

De ahí la importancia de tomar medidas para la detección y eliminación de este microorganismo en los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano. Por ello las guías de la OMS para evaluar la calidad del agua de consumo indican que una evaluación integral del agua en el sistema de distribución debe realizarse usando los siguientes parámetros: *E. coli ETEC*, cloro residual, pH y Turbiedad (Guías OMS, 2006).

B. Suministro

1. Monitoreo en la red de distribución de agua potable en el campi CU

El monitoreo en la red de distribución de agua potable por parte del Instituto de Ingeniería se llevó a cabo en 18 puntos distribuidos en todo el campi Universitario (ver Figura 4), estos puntos fueron seleccionados de acuerdo a un análisis probabilístico sistemático, desarrollado en el Instituto de Ingeniería conforme a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-127-SSA1-1994, NOM-179-SSA1-1998, NOM-230-SSA1-2002, conjuntamente se consideraron los siguientes criterios:

- Distancia de recorrido del agua hasta el punto de consumo.
- Puntos prioritarios para la toma de muestra.
- Accesibilidad de los sitios de muestreo.
- Representatividad de la muestra.
- Resultados de programas de muestreo previos.



Figura 4. Monitoreo en puntos de la red de distribución de agua potable en el campi CU.

El monitoreo fue realizado durante los meses de marzo y abril del año 2011, periodo durante el cual se realizaron 5 muestreos en total, con periodicidad semanal. Los parámetros que se determinaron fueron los siguientes: cloro residual libre, coliformes fecales, pH, turbiedad, sólidos disueltos totales y nitratos. En la Tabla 2 se muestra el promedio obtenido para cada parámetro analizado; aunado a esto en el anexo de *Calidad del Agua* (ver Tablas 1 a 6 y Figura 7) se incluyen el total de datos obtenidos para cada parámetro monitoreado.

Tabla 2. Promedio de los parámetros analizados en la red de distribución de agua potable en el camp CU, 2011.

Dependencia	Cloro residual libre (mg/L)	Coliformes fecales (UFC/100mL)	pH	Turbiedad (UNT)	SDT (mg/L)	Nitratos (mg/L)
Taller Conservación	1.34	0.00E+00	8.06	1.09	215.00	3.03
DGSM	0.68	0.00E+00	7.56	0.64	246.67	2.39
IIMAS	1.45	0.00E+00	7.59	1.08	223.33	3.53
Base 1	0.87	0.00E+00	7.57	1.02	240.00	2.81
F. Medicina	0.70	0.00E+00	7.45	0.86	233.33	2.55
DGAE	0.99	0.00E+00	7.68	0.89	226.67	2.95
Ciencias de la Atmósfera	1.17	0.00E+00	7.59	0.69	230.00	3.11
Base PUMABUS	0.48	0.00E+00	7.72	1.28	230.00	2.71
Patrimonio Universitario	1.33	0.00E+00	7.58	0.78	215.00	3.74
Universum	1.34	0.00E+00	7.51	0.91	210.00	3.65
CUT	1.01	0.00E+00	7.65	0.73	220.00	3.53
Teatro y Danza	0.74	0.00E+00	7.47	1.10	220.00	3.30
FCPyS	1.48	0.00E+00	7.64	0.96	220.00	3.86
Frontón Cerrado	1.58	0.00E+00	7.47	0.65	226.67	3.66
I. Materiales	1.42	0.00E+00	7.54	0.74	230.00	3.36
Tienda UNAM	1.23	0.00E+00	7.54	1.14	230.00	2.99
Estación de bomberos	0.83	0.00E+00	7.58	0.66	240.00	1.83
Pozo vivero alto	1.38	0.00E+00	7.43	0.74	225.00	3.74
NOM-127-SSA1- 1994, 2000	0.2 – 1.5	No detectable	6.5 – 8.5	5	No establecido	10

a) Conclusiones y Recomendaciones

- El programa de monitoreo permitió evaluar los niveles de cloro residual libre y la calidad microbiológica del agua potable de la red de distribución.
- La mayoría de los niveles de cloro residual libre se ubicaron dentro los límites establecidos por la NOM-127-SSA1-1994, 2000; solo en aquellos sectores hidráulicos en donde el agua se envía directamente a la red después de cloración, la concentración fue ligeramente mayor a la recomendada.
- Con respecto a la calidad microbiológica del agua, se concluye que esta cumple con los requisitos establecidos para su consumo.
- Continuar con el programa de monitoreo.
- Disminuir los niveles de cloración para mantener los residuales de cloro dentro de lo establecido por las normas mexicanas.
- Homologar las condiciones de operación de la red de abastecimiento y distribución de agua potable.
- Cualquier cambio realizado a las condiciones de operación del sistema de desinfección requerirá ser evaluado en campo.

2. Monitoreo de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua potable en el campi CU

a) *Objetivos.*

- Cuantificar la concentración de cloro residual libre en el agua de las cisternas.
- Verificar el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994, 2000 con respecto al contenido de cloro residual libre.

b) *Reconocimiento en campo de las Cisternas existentes en CU.*

El Instituto de Ingeniería llevó a cabo un diagnóstico e implementó un programa de monitoreo mensual para evaluar la concentración de cloro residual libre en el agua de las cisternas de almacenamiento de agua potable en CU; el monitoreo se realizó durante los meses de mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2011. Se hizo un recorrido de 5 días en CU, y mediante un reconocimiento en campo (ver Figura 5) se contabilizaron 64 cisternas de almacenamiento usadas exclusivamente para agua de uso y consumo humano; y 10 cisternas para usos diversos.



Figura 5. Cisternas de almacenamiento de agua existentes en el campi CU.

3. Análisis de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua para uso y consumo humano.

La toma de muestras fue realizada de acuerdo a los procedimientos descritos en la NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo de agua.

En la Figura 6 se muestra el panorama general de la concentración de cloro residual libre en el agua de cada una de las cisternas de almacenamiento exclusivas para agua de uso y consumo humano. Con excepción de aquellos casos donde el agua permanece almacenada por tiempos prolongados o bien cisternas que están fuera de operación, la concentración de cloro residual libre se encuentra dentro de los límites establecidos (0.2–1.5 mg/L; NOM-127-SSA1-1994, 2000). Los resultados se presentan en el anexo de *Calidad del Agua* (ver Tabla 7).

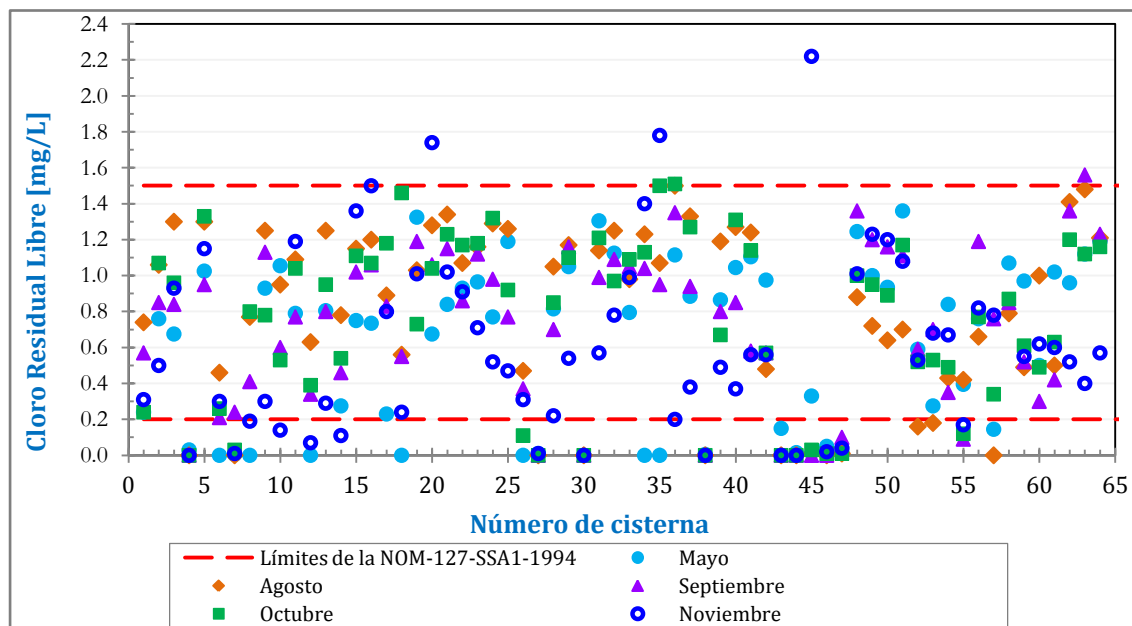


Figura 6. Niveles de cloro residual libre detectados en el agua de las cisternas de almacenamiento en el campi CU

En la Tabla 3 se presenta el número de cisternas donde la concentración de cloro residual libre se detectó fuera de los límites mínimo y máximo (0.2 – 1.5 mg/L) de la norma.

Tabla 3. Número de cisternas donde la concentración de cloro residual libre se detectó fuera de los límites establecidos por la normatividad.

Tipo de Incumplimiento	Número de cisternas fuera de norma				
	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Fuera del límite mínimo	9/64	11/64	9/64	11/64	14/64
Fuera del límite máximo	0	0	1/64	1/64	3/64
Total	9/64	11/64	10/64	12/64	17/64

En la Figura 7 se muestra el porcentaje de cisternas utilizadas para el almacenamiento de agua para uso y consumo humano que no cumplen con los límites de concentración de cloro residual libre establecido por la NOM-127-SSA1-1994, 2000.

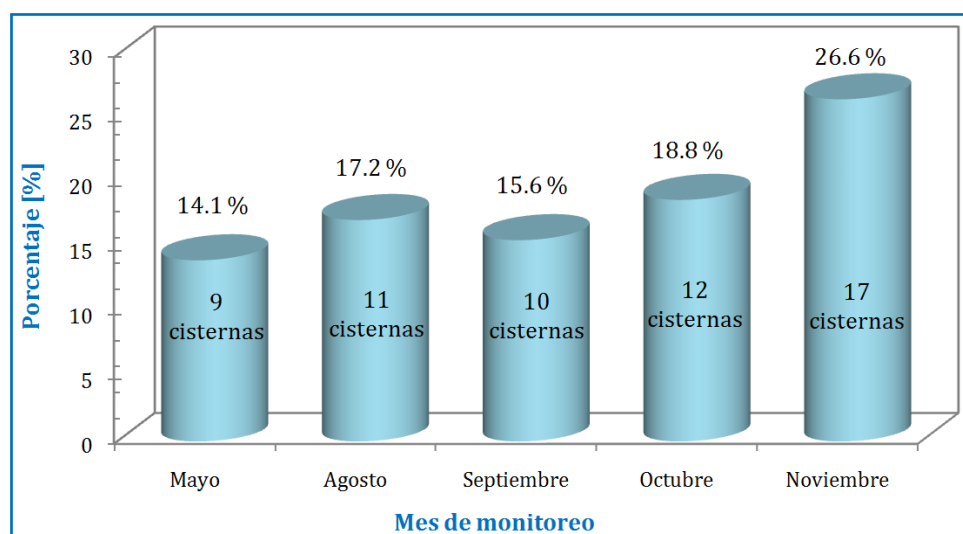


Figura 7. Porcentaje de cisternas para almacenamiento de agua para uso y consumo humano que no cumplen con la concentración de cloro residual libre durante 2011.

Se detectaron variaciones significativas en los niveles de cloro residual libre (1.7 mg/l máximo registrado y 0.2 mg/L mínimo registrado), aún cuando el monitoreo se realizó en la misma fecha y las cisternas pertenecen al mismo sector hidráulico, lo cual se atribuye a fluctuaciones de cloro residual en la red de distribución, además de otros factores que influyen como las condiciones de limpieza, operación y uso continuo de las mismas.

De las 64 cisternas en CU para el almacenamiento de agua para uso y consumo humano, en 8 cisternas se detectó que operan de manera irregular (ver Tabla 8 del anexo de *Calidad del Agua*), es decir que por alguna circunstancia no operan por periodos de tiempo prolongados. Noviembre fue el mes donde se detectó el mayor número de casos donde se rebasó el límite máximo y mínimo de concentración de cloro residual libre. Las variaciones en la concentración de cloro residual libre se pueden corroborar con las lecturas detectadas mediante los sensores en línea.

4. Análisis de cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua para uso y consumo humano para usos diversos dentro de CU.

En CU se cuenta con 10 cisternas de almacenamiento de agua potable para uso en fuentes, agua de recirculación, de enfriamiento, contra incendios y para riego de jardines. De las 10 cisternas solo las 4 destinadas para riego, cumplieron con los límites de cloro residual libre establecidos en la norma NOM-127-SA1-1994, 2000, mientras que en el agua de las otras 6 cisternas no se detectó la presencia de cloro residual. Esto es explicable debido a que las cisternas que se usan para riego, el agua está en constante uso, mientras que en el resto de las cisternas el agua permanece almacenada o en recirculación por largos periodos de tiempo.

La concentración de cloro residual libre promedio del agua de las cisternas para riego fue de 0.9 mg/L, mientras que la concentración para las otras cisternas fue de 0.00 mg/L (ver Tabla 8 del anexo de *Calidad del Agua*).

5. Observaciones sobre el estado físico de las cisternas de almacenamiento de agua potable.

Es importante mencionar que durante el diagnóstico se observó que algunas de las cisternas que almacenan agua potable requieren mantenimiento, ya que presentan problemas de corrosión en tapaderas, tuberías y escaleras de acceso interno, así como deterioro en el recubrimiento de las paredes y problemas de limpieza (ver Figura 8). El mantenimiento de estas cisternas es indispensable debido a que el deterioro influye en la calidad del agua.



Figura 8. Estado físico de deterioro en que se encuentran algunas cisternas de almacenamiento de agua potable.

C. Consumo

1. Monitoreo en tiempo real, on-line del agua potable en el campus CU

El monitoreo on-line de la calidad del agua para uso y consumo humano, se lleva a cabo mediante el sistema de analizadores en línea, el cual desde el año 2009 evalúa el agua a la entrada del edificio 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

El monitoreo en línea se realizó con la finalidad de evaluar en tiempo real la calidad del agua que se suministró en este edificio. Este sistema de monitoreo (ver Figura 9) está conformado por 5 sensores con los cuales se evalúa el comportamiento de 6 parámetros: cloro residual libre, nitratos, turbiedad, pH, conductividad y temperatura. Con estos sensores se pueden obtener determinaciones cada 30 segundos, sin embargo, se ha configurado para registrar y almacenar datos cada 5 minutos obteniéndose 288 registros por día para cada parámetro. Los promedios mensuales obtenidos del monitoreo en línea durante 2011, se muestran en la Tabla 4, donde además se muestra el promedio anual para cada parámetro analizado en línea.



Figura 9. Sistema de monitoreo en línea del Instituto de Ingeniería, UNAM.

Tabla 4. Promedio mensual de los valores de parámetros fisicoquímicos detectados en línea durante 2011.

Mes	Concentración promedio por parámetro					
	Cloro R.L. (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Turbiedad (UTN)	pH	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
Límites de la NOM-127-SSA1-1994	0.2 – 1.5	10	5	6.5 – 8.5	No establecido	No establecido
Enero	0.69	6.48	0.07	6.16	0.24	16.32
Febrero	0.61	6.68	0.05	6.71	0.27	17.73
Marzo	1.04	6.38	0.05	6.72	0.29	19.0
Abril	0.73	6.29	0.06	6.71	0.32	21.1
Mayo	0.72	6.76	0.05	6.66	0.31	20.92
Junio	0.46	5.62	0.06	6.77	0.33	20.77
Julio	0.57	5.25	0.11	6.70	0.33	18.8
Agosto	0.63	5.37	0.13	6.82	0.34	20.1
Septiembre	0.27	3.43	0.11	6.81	0.32	19.1
Octubre	0.50	3.82	0.14	6.96	0.35	18.9
Noviembre	0.42	4.04	0.15	7.01	0.32	17.89
Promedio anual	0.60	5.47	0.09	6.73	0.31	19.15

La calidad del agua durante 2011 se mantuvo dentro de los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, 2000, sin embargo, cabe destacar que aun cuando los promedios indican que se cumplió con los límites de la norma, se detectaron eventos puntuales en los que la concentración de cloro residual libre rebasó los límites máximos y mínimos (0.2–1.5 mg/L) permisibles por la normatividad. En la Tabla 5 se presenta una relación del número de días durante el año 2011, en los cuales se presentaron eventos que no cumplieron con la concentración de cloro residual libre estipulados por la normatividad. Así también se presenta el tiempo efectivo (horas, minutos) durante el cual la concentración de cloro se detectó fuera de los límites establecidos.

Tabla 5. Relación del número de días con eventos fuera de norma y el tiempo efectivo durante el cual no se cumple con los límites establecidos, año 2011.

Mes de monitoreo	No. de días con eventos fuera de norma	Tiempo efectivo fuera de norma (horas y minutos)
Enero	7	164 horas, 35 minutos
Febrero	4	13 horas, 10 minutos
Marzo	---	---
Abril	---	---
Mayo	5	104 horas, 0 minutos
Junio	23	328 horas, 5 minutos
Julio	22	218 horas, 20 minutos
Agosto	19	89 horas, 20 minutos
Septiembre	7	86 horas, 0 minutos
Octubre	16	177 horas, 40 minutos
Noviembre	18	206 horas, 50 minutos
Total	112	1388 horas

Nota: Horas contabilizadas en un mes (720).

En el anexo de *Calidad del Agua* se presenta gráficamente el comportamiento mensual de cada uno de los parámetros monitoreados (ver Figuras 1 a 6), indicando la concentración promedio, la concentración máxima y la concentración mínima. Los resultados indican que 2011, particularmente los meses de junio y julio, ha sido el año con el mayor número de eventos de concentración de cloro fuera de norma. Lo anterior se atribuye a problemas de operación con la bomba de vacío en el pozo multifamiliar y a la baja demanda de agua durante el periodo vacacional.

IV. Agua pluvial

El Instituto de Ingeniería mediante recorrido en campo ubicó que en CU existen dos cisternas para captación de agua pluvial, una está ubicada en la Torre de Investigaciones de la Facultad de Medicina y otra en el Instituto de Investigaciones Nucleares. Se determinó que el personal encargado de las mismas no cuenta con la información operativa ni de diseño. Solo se recabó información en base a la inspección física: Las azoteas de los edificios sirven como área de captación, y cuentan con sistema de tuberías que dirigen el agua desde las azoteas hacia la zona de filtros (grava) y finalmente a las cisternas de almacenamiento (ver Figura 10).



Figura 10. Cisternas de almacenamiento de agua pluvial

En el Instituto de Investigaciones Nucleares utiliza el agua en sanitarios (mingitorios e inodoros), mientras que en la Facultad de Medicina el agua está destinada como agua contra incendios. En ninguno de los dos casos cuentan con estudios de la calidad del agua, por lo cual en 2012 será programado un diagnóstico de la calidad del agua en éstos puntos.

V. Agua residual

A. Acciones en las plantas de tratamiento

En el 2011 las plantas de tratamiento de agua residual continuaron en la dinámica de remodelación-mantenimiento-estabilización, y es por esto que solo hasta el último trimestre del año se inicio la producción de agua residual tratada, sin embargo, las plantas aún no han logrado estabilizarse. La planta de tratamiento de “Cerro del Agua” no operaba a su capacidad de diseño (40 L/s), y que su efluente no cumplía con la normatividad (NOM-003-ECOL-1997). El diagnóstico emitido, derivó en que las autoridades universitarias iniciaran en el año 2010, trabajos de remodelación de tratamiento en la planta donde el proceso principal es la ultrafiltración. En el caso de la planta de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales la rehabilitación fue terminada en 2010, y continúa el proceso de estabilización el tren de tratamiento.

B. Influentes de las plantas de tratamiento

Las muestras de agua residual del 2010 analizadas por el Instituto de Ecología para la detección de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum*, corresponden al influente de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Los resultados se presentan en la Tabla 6. Estos resultados muestran que la comunidad universitaria es emisora tanto de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum*, ya que las formas quísticas de ambos parásitos fueron detectados en el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento del campus a lo largo del año.

Tabla 6. Muestras de agua residual de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales positivas para *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*

Temporada	<i>Giardia lamblia</i> (quistes) +/n	<i>Cryptosporidium parvum</i> (ooquistes) +/n
Cálida-seca	4/4	4/4
Cálida-lluviosa	4/4	4/4
Fría-seca	4/4	4/4

Referente a la detección de *ETEC*, la Facultad de Medicina determinó que fueron positivas 10 muestras, encontrándose en la temporada de cálida-lluvia el mayor porcentaje de muestras positivas. En cuanto a *Mycobacterium spp.* fueron positivas siete muestras en influentes (Cerro del agua, Ciencias Políticas y Sociales) el mayor porcentaje se obtuvo de la temporada de frías-seca lo que nos habla de la resistencia de este microorganismo a las bajas temperaturas.

Las especies más abundantes identificadas por el método PCR-PRA fueron: *M. terrae*, *M. smegmatis* y *M. immunogenicum*. El alto número de muestras positivas para la presencia de estas bacterias nos habla de la importancia de contar con plantas de tratamiento de agua que sean eficientes para la eliminación de estos microorganismos.

C. Efluentes de las plantas de tratamiento

El monitoreo de la calidad del agua para reuso por parte del Instituto de Ecología consistió en evaluar la calidad de los efluentes de la planta de tratamiento de Ciencias Políticas y Sociales. Los análisis para la detección de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum* mostraron que el proceso de la planta de tratamiento si bien puede reducir la cantidad de quistes y ooquistes, no logra eliminar la presencia de éstos parásitos. La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos para tres temporadas en un ciclo anual. Las muestras de agua residual después de haber sido sometidas a tratamiento fueron en su mayoría positivas para ambos parásitos, esto debe considerarse de manera importante ya que la producción de la planta se destina al riego de áreas verdes del campus.

Tabla 7. Muestras de agua residual tratada de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales positivas para *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*.

Temporada	<i>Giardia lamblia</i> (quistes) +/n	<i>Cryptosporidium parvum</i> (ooquistes) +/n
Cálida-seca	2/4	2/4
Cálida-lluviosa	4/4	4/4
Fría-seca	4/4	4/4

Se determinó la presencia de *ETEC* por parte de la Facultad de Medicina en el efluente de la planta de tratamiento de Ciencias Políticas y Sociales, durante las tres estaciones del año. Así como de presencia de *Mycobacterium spp.* en el efluente de las dos plantas de tratamiento.

Estos resultados indican, junto con los obtenidos en el 2010, que el agua proveniente de estas dos plantas de tratamiento no cumplió con la calidad necesaria para su reuso durante el año 2010. Dentro del riesgo potencial que implica el reuso de esta agua para riego, es que fueron identificadas *MNT* potencialmente patógenas a partir de aislamientos independientes por el método de PCR-PRA (Telenti et al., 1993; Kim et al., 2005). Las especies detectadas en los efluentes son: *Mycobacterium agri*, *Mycobacterium immunogenum*, *Mycobacterium haemophilum* y *Mycobacterium gordonae*.

A nivel mundial las *MNT* se han considerado como agentes causantes de un gran número de infecciones pulmonares y no pulmonares o diseminadas en individuos inmunocompetentes y sobre todo e inmunocomprometidos y se encuentran en diferentes ambientes como agua y suelo (Marshall et al., 2011).

D. Cisternas de almacenamiento de agua residual tratada para riego

Las cisternas de almacenamiento para agua de reuso que será utilizada para riego de áreas verdes del campus de CU, son un punto relevante para evaluar la calidad del agua que se distribuirá por aspersión y a la cual pueden estar expuestos los usuarios de las áreas verdes. Si bien las muestras de agua analizada corresponden a la producción de las plantas de tratamiento en el periodo de transición de la remodelación y estabilización de los procesos de las plantas de tratamiento, es necesario señalar que su manejo debe ser cuidadoso implementando acciones de limpieza y mantenimiento a fin de que no se promueva el recrecimiento de microorganismos (bacterias) o la acumulación de los mismos en el piso y paredes de las cisternas.

En cuanto a la detección de parásitos, se encontró que la presencia de los mismos se da fundamentalmente durante la temporada cálida seca (ver Tabla 8), por lo que es necesario considerar que las acciones de limpieza y mantenimiento deben ser programadas a fin de reducir la incidencia de quistes de *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium parvum* en el agua que se destinará a riego.

Tabla 8. Muestras de agua almacenada en cisternas positivas para *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*.

Temporada	<i>Giardia lamblia</i> (quistes) +/-n	<i>Cryptosporidium parvum</i> (ooquistes) +/-n
Cálida-seca		
C2	2/2	2/2
C7	2/2	2/2
C12	2/2	2/2
Cálida-lluviosa		
C2	0/2	0/2
C7	0/2	0/2
C12	1/2	0/2
Fría-seca		
C2	0/2	0/2
C6	0/2	0/2
C12	1/2	0/2

Se espera que la operación de las plantas de tratamiento en las que se han realizado modificaciones radicales en sus procesos de tratamiento, incrementen significativamente la remoción de las formas quísticas de parásitos lo cual repercutirá reduciendo la exposición de los usuarios de las áreas verdes. Es recomendable que una vez estabilizadas ambas plantas de tratamiento se realicen análisis a fin de monitorear la calidad microbiológica (bacterias, virus y parásitos) del agua producida.

La Facultad de Medicina determino la presencia de *E. coli* *ETEC* en las cisternas para riego con agua tratada 2, 3, 6 y 12. La presencia *ETEC* (ver Tabla 9), en las temporadas de cálida-seca y cálida-lluvia. En el caso del genero *Mycobacterium* spp. fue detectado en cisternas 1, 2, 6 y 7 en las tres temporadas de muestreo. En cisternas se obtuvo el mayor número de aislamientos con 27 de un total de 73 aislamientos de *MNTs*. Las especies identificadas más abundantes fueron *Mycobacterium agri*, *Mycobacterium montefiorensis*, *Mycobacterium terrae* y *Mycobacterium fortuitum*.

Estas *MNTs* son patógenos potenciales causantes de enfermedades pulmonares e infecciones en tejidos blandos, por lo que su presencia en agua tratada de reuso destinado para riego de áreas recreativas representa un riesgo para la salud de la población universitaria (ver figuras 8 y 10 del anexo de *Calidad del Agua*).

Tabla 9. Presencia de ETEC LT y Mycobacterium spp. en muestras de agua subterránea y residual del 2010

Microorganismo	Número muestras con microorganismos											
	Cálida-seca				Cálida-lluvia				Fría-seca			
	Agua residual		Agua SB		Agua residual		Agua SB		Agua residual		Agua SB	
	PTI n=6	PTE n=5	C n=24	POZO n=15	PTI n=6	PTE n=6	C n=26	POZO n=16	PTI n=4	PTE n=4	C n=12	POZO n=8
ETEC LT ^a	2	1	4	0	6	5	4	1	2	2	0	0
<i>Mycobacterium</i> spp. ^b	3	4	4	0	1	2	3	0	3	4	2	0

SB, Agua subterránea; C, Cisternas; PTI, planta de tratamiento influentes; PTE, planta de tratamiento efluentes; n, número total de muestras; a, Detectados por PCR-Hibridación; b, ETEC LT y ST en la misma muestra; b, Detectados por descontaminación y cultivo en medio Löwenstein-Jensen.

Por lo que se concluye que utilizando herramientas moleculares hemos detectado la presencia de *E. coli* *ETEC* en agua subterránea y en agua residual, y de *MNTs* en agua residual. Por lo tanto el análisis de los resultados nos dio herramientas para identificar la calidad del agua potable y residual en CU. Así como el de tener los datos necesarios para hacer una evaluación de los riesgos que resulte del uso de agua de mala calidad. Con el propósito de mantener buenas prácticas para conservar la salud de los universitarios.

E. Planta de tratamiento de agua residual del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación (IISUE) dentro del campi CU

El Instituto de Ingeniería llevó a cabo el reconocimiento físico y operativo de la planta del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación (IISUE): La planta está ubicada en la parte posterior del edificio del IISUE, desde su puesta en marcha en 2006 no se ha evaluado la eficiencia del tren de tratamiento ni la calidad del agua del efluente; de tal forma que se ratificó que el tren de tratamiento está conformado por las siguientes etapas:

Tratamiento primario: Cribado para retención de sólidos grandes con rejillas de acero espaciadas a 1 cm y longitud de 60 cm, trituradora para sólidos y un cárcamo de re-bombeo para la recirculación y aireación del agua residual.

Tratamiento secundario: El proceso de tratamiento es mediante un reactor biológico aerobio de lodos activados de capacidad aproximada de 4000L.

Tratamiento terciario: La desinfección se lleva a cabo a base de ozono, para esto cuenta con un pequeño generador y un tanque de contacto de aproximadamente 3000L donde el ozono es inyectado.

La planta de tratamiento recibe el agua residual generada en el edificio y se encuentra enterrada a nivel de piso dentro de dos cajas ahogadas de concreto armado con losa (ver Figura 11). Dentro de la primera caja se encuentra el tratamiento primario, mientras que en la segunda se ubican el tratamiento secundario y terciario, como lo muestra la Figura 12. En la zona de recirculación el agua pasa a través de una caída escalonada donde es mezclada y aireada, se cuenta dos bombas sumergibles para la recirculación, las cuales operan de forma alternada. La operación y mantenimiento de la planta lo lleva a cabo una empresa externa a la UNAM: “Servicios de Asesoría y Estudios Técnicos de Ingeniería y Arquitectura”.



Figura 11. Cajas enterradas donde se encuentra la planta de tratamiento del IISUE.



Figura 12. Componentes del tratamiento primario y terciario.

El mantenimiento mensual consiste en:

- Limpieza y retiro de residuos acumulados (papel de baño, toallas sanitarias, preservativos, plumas, clips metálicos, entre otros) en el cárcamo donde se encuentra la criba y la trituradora.
- Revisión del funcionamiento de las bombas de recirculación y del generador de ozono.
- Tratamiento y disposición final de los residuos generados durante el tren de tratamiento.

VI. Aplicación de herramientas de análisis

A partir de los antecedentes del 2009, donde el Instituto de Ecología detectó enterovirus y adenovirus en pastos de las áreas verdes del campus de Ciudad Universitaria, se diseñó un experimento para conocer el tiempo de permanencia de un virus entérico sobre una matriz vegetal, conservando su capacidad infecciosa. Este trabajo nos puede dar información de utilidad para orientar el manejo del agua de reuso. El diseño experimental se muestra en el anexo de *Calidad del Agua*.

Durante el ensayo todas las unidades experimentales permanecieron a temperatura ambiente y fotoperiodo de luz normal. Los rotavirus infecciosos recuperados de la matriz vegetal fueron obtenidos a partir de la infección de células. Las células infectadas se incubaron por un periodo aproximado de 18 h (37°C y 5% de CO₂). El efecto de los rotavirus sobre las células fue evaluado y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 13.

Como puede observarse los rotavirus fueron detectados a los 7 días de haber sido inoculados. Esto nos da la perspectiva de que después del riego los virus pueden permanecer infecciosos por días, incluso una semana. Hay que señalar que esta permanencia viral se refiere a un evento (una inoculación), sin embargo, durante la temporada de riego de áreas verdes cada día que se riega corresponde a una nueva inoculación, por lo tanto es muy probable que en la temporada de secas la permanencia de virus en la superficie vegetal sea continua. Es decir, que en la temporada de secas (riego) los usuarios de las áreas verdes estarán expuestos a virus cuando el agua residual tratada de reuso contenga más de dos unidades logarítmicas de virus.

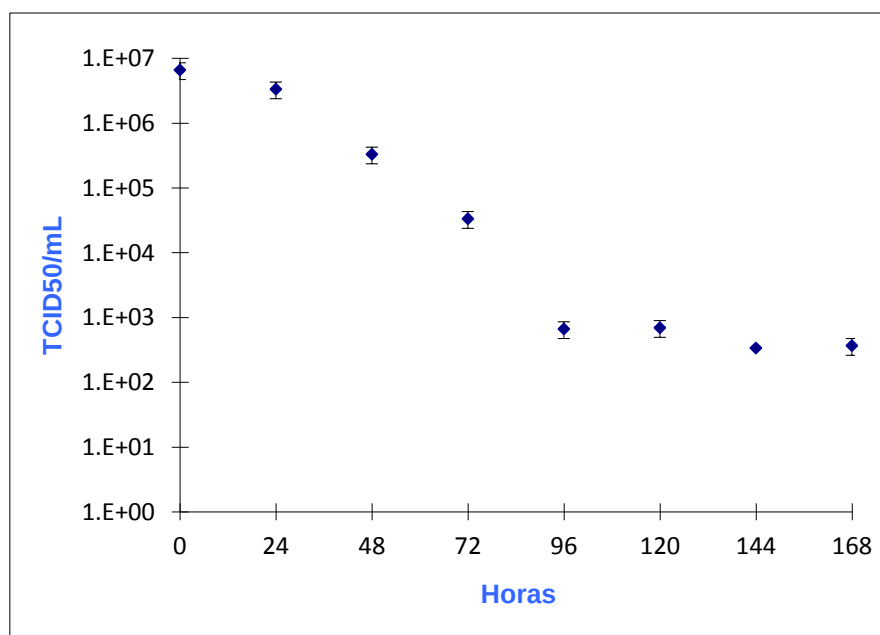


Figura 13. Reducción de infectividad de rotavirus inoculados en una matriz vegetal (lechuga).

Cabe señalar que parte de este trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Virología del Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con la valiosa colaboración de la Dra. Rosa Elena Sarmiento Silva.

VII. Actividades en otros Campi de la UNAM

Como parte de las actividades desarrolladas en el programa durante 2011 se apoyó a otros campi de la UNAM, entre ellos Juriquilla y Morelia, en donde se realizó la evaluación de algunos parámetros indicadores de la calidad del agua, tanto en agua potable como en agua residual cruda y residual tratada.

A. Campus Juriquilla

En el mes de enero del 2011 se llevó a cabo una visita a las instalaciones del campi Juriquilla en Querétaro, durante la cual se seleccionaron puntos de muestreo y se evaluaron algunos parámetros indicadores de la calidad del agua.

Se determinó que el campi cuenta con un pozo de extracción (administrado por CONAGUA), la desinfección es realizada a pie de pozo a base de hipoclorito de calcio con un 68% de cloro activo, posteriormente el agua es enviada a un tanque de almacenamiento y posteriormente a la red de distribución. Los puntos de muestreo y los parámetros analizados se muestran en la Tabla 10.

Cabe señalar, que a finales de este año 2011, se inicio la ejecución del programa **PUMAGUA** en las instalaciones del campus, con lo cual se tomarán muestras de agua potable y tratada y se verificarán estos resultados.

Tabla 10. Resultados del análisis en agua para uso y consumo humano campi Juriquilla.

Punto de muestreo	Turbiedad (UTN)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Cloro residual libre (mg/L)
NOM-127-SSA1-1994, 2000	5	1000	No establecido	0.2-1.5
Pozo de agua potable	2.51	290	0.58	0.05
Cisterna	1.10	300	0.59	0.12
Ludoteca	0.91	310	0.62	0.01

El agua residual que se genera es colectada y enviada a la planta de tratamiento con que cuenta el campus. El tratamiento primario se constituye de una criba y un sedimentador primario. El tratamiento secundario consta de un reactor biológico de lodos activados, sin embargo no cuenta con tratamiento terciario (desinfección). La evaluación del agua residual cruda y residual tratada se llevó a cabo en el influente y efluente de la planta de tratamiento, cuyos resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados del análisis en la planta de tratamiento del campi Juriquilla.

Punto de muestreo	Turbiedad (UTN)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Cloro residual libre (mg/L)
Influente	286	540	1.05	0.00
Efluente	286	1000	1.99	0.00

1. Conclusiones y Recomendaciones campi Juriquilla

Respecto al agua para uso y consumo humano

- La turbiedad y sólidos disueltos totales en el agua para uso y consumo humano cumplieron con los límites de norma NOM-127-SA1-1994, 2000, en todas las muestras analizadas.
- La concentración de cloro residual libre en todas las muestras de agua para uso y consumo humano no cumplió con la norma NOM-127-SA1-1994, 2000.
- Realizar un diagnóstico que incluya parámetros microbiológicos.
- Revisar el sistema de desinfección en el pozo.
- Respecto al agua residual y tratada
- Implementar un sistema de desinfección para el agua residual tratada.
- Realizar un diagnóstico que incluya parámetros microbiológicos.

B. Campus Morelia

Así mismo durante el mes de marzo de 2011 se llevó a cabo una visita a las instalaciones del campi Morelia-UNAM, durante la cual se realizaron muestreos y análisis puntuales in situ en el pozo de extracción de agua subterránea, llaves de agua en los edificios principales y agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del campus.

Los resultados obtenidos durante los análisis en agua potable se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del análisis en agua para uso y consumo humano del campi Morelia.

Sitio de muestreo	Cloro residual libre (mg/L)	Turbiedad (UTN)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
Pozo de extracción	0.00	0.64	96	0.20	24.3
Instituto de Matemáticas	0.00	0.64	110	0.20	24.4
Centro de Investigación en Ecosistemas	0.00	0.78	110	0.21	19.9
Instituto de Geografía	0.00	0.97	110	0.21	19.7
Auditorio	0.00	0.78	110	0.20	18.9
Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994	0.2 – 1.5	5	1,000	No Establecido	No Establecido

El campus Morelia cuenta con una PTAR mediante la cual proporciona tratamiento a todas las aguas residuales que se generan. El agua tratada es reutilizada en sanitarios (mingitorios e inodoros) y en riego de áreas verdes. Los resultados del análisis en el influente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual del campus, se presentan en la Tabla 13.

La planta de tratamiento consta de las siguientes etapas:

- Tratamiento primario: tanque de igualación y cribado fino.
- Tratamiento secundario: proceso biológico aerobio de lodos activados.
- Tratamiento terciario: filtración mediante un filtro de arena y desinfección con hipoclorito de sodio.
- Tratamiento de lodos: filtración y deshidratación mediante un filtro prensa.

Tabla 13. Resultados del análisis en la planta de tratamiento del campi Morelia.

Sitio de muestreo	Cloro residual libre (mg/L)	Turbiedad (UTN)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
Influente de la planta de tratamiento	0.00	257	620	0.81	20.1
Efluente de la planta de tratamiento	0.77	45	420	0.81	20.3

1. Conclusiones y Recomendaciones campi Morelia

Respecto al agua para uso y consumo humano

- Ninguna de las muestras cumplió con la concentración de cloro residual libre de norma, solo cumplieron con la turbiedad y los sólidos disueltos totales.
- Los parámetros no establecidos en la norma como la conductividad y la temperatura estuvieron en un rango de 20 a 21 mS/cm, y 18.9 a 24.4 °C, respectivamente.
- El agua subterránea extraída del pozo y distribuida en el campus Morelia no pasa por ningún sistema de desinfección.
- Implementar un sistema de desinfección con hipoclorito de sodio a pie de pozo, el cual debe ser de acuerdo a las necesidades del campus y las características físicas, químicas, organolépticas y biológicas del agua.
- Realizar un muestreo por temporada y evaluar los parámetros de la NOM-127-SSA1-1994, 2000, para determinar la calidad del agua durante el año.
- Evaluar la factibilidad técnica y operativa de implementar bebederos conectados directamente en la red de distribución.

Respecto al agua residual y tratada

- La concentración de cloro residual libre encontrada en el influente de la PTAR fue de 0.0 mg/L, mientras que en el efluente (después de la desinfección con hipoclorito de sodio) fue de 0.77 mg/L.
- Los datos de turbiedad fueron de 4257 UTN en el influente y 45 UTN en el efluente, de la PTAR mientras que los sólidos disueltos totales fue de 620 mg/L en el influente y 420 mg/L en el efluente, la conductividad presentó valores de 0.81 mS/cm en ambos puntos de muestreo y la temperatura en el influente fue de 20.1°C, mientras que en el efluente fue de 20.3°C.
- Evaluar periódicamente todos los parámetros de la norma para reuso de agua residual con contacto directo (NOM-003-ECOL-1997).
- Llevar un historial de monitoreo de caudales y de calidad del agua.
- Disponer adecuadamente de los lodos (NOM-004-SEMARNAT-2002) generados durante el proceso de tratamiento del agua residual, para evitar impactos al ambiente y a la salud humana.

VIII. Revisión y comentarios al proyecto de NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-000-SSA1-2010, emitida por la COFEPRIS

El grupo de Calidad del Agua del programa **PUMAGUA** revisó y emitió comentarios AL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-000-SSA1-2010, Agua para Uso y Consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, para su control y vigilancia. Procedimientos sanitarios de muestreo. Elaborada por la Secretaría de Salud (SS) y la Comisión Federal Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). La revisión consistió en llevar a cabo una revisión meticulosa de: contenido, formato, aplicabilidad y factibilidad técnica para la determinación de los parámetros propuestos. Para lo cual hubo retroalimentación entre el Instituto de Ingeniería y la COFEPRIS resultando en la emisión de un documento que incluye comentarios generales y específicos.

COMUNICACIÓN / PARTICIPACIÓN

I. Objetivo

El objetivo del área de Comunicación/Participación es involucrar a la comunidad universitaria en el uso responsable del agua. Se han logrado avances en este sentido, mediante diversas estrategias, dirigidas a cada uno de los sectores que utilizan o manejan el agua en la UNAM.

II. Avances

Como indicadores de avance sobre la meta del Programa de involucrar a toda la comunidad universitaria se señalan los siguientes:

- Mediante la realización de reuniones con las autoridades de las dependencias universitarias, así como de presentaciones en diversos foros y del envío de documentos sobre el Programa, se ha logrado involucrar a más de 110 dependencias en acciones concretas, tales como instalación de medidor; sustitución de jardines de alto consumo de agua por plantas que no requieren de riego; asignación de un responsable de atender fugas; sustitución de muebles de baño por muebles de bajo consumo; difusión del material sobre el uso responsable del agua, enviado por PUMAGUA .
- El Programa se ha extendido a la FES Aragón, Iztacala, Zaragoza y Campus Juriquilla.
- Se tuvo una asistencia de más de 60% de las dependencias invitadas al taller dirigido al personal de mantenimiento.
- Se logró recabar más de 15,000 respuestas a los cuestionarios enviados conjuntamente con la Dirección General de Orientación y Servicios Educativos (DGOSE), cuyo propósito fue que los alumnos de las Escuelas Nacionales Preparatorias (ENP) y Colegios de Ciencias y Humanidades (CCH) realizaran una auditoría del uso del agua en sus escuelas. Cabe mencionar que esta cifra es casi el triple de lo que se recabó para otros temas, como el transporte.

- Para el festival *H2O: efecto esperado*, se logró contar con la presencia de 14 organizaciones que trabajan en el tema del agua y en el evento asistieron más de 500 personas, principalmente, estudiantes.
- **PUMAGUA** fue el único Programa universitario, además del Programa México Nación Multicultural, invitado a participar en la Megaofrenda 2011, la cual se estima que tiene una asistencia de más de 100, 000 personas.
- Se obtuvo un logro sustancial con respecto al involucramiento de estudiantes de licenciatura, al fabricar y poner a prueba los prototipos de los bebederos diseñados por dos alumnos de la carrera de Diseño Industrial.
- Se impartieron pláticas en CCH, ENP, así como en la FES Acatlán.
- Además de avanzar en el involucramiento de la comunidad de la UNAM, se ha despertado de otras instituciones, tales como dos escuelas primarias, la Delegación Tlalpan, la Universidad Intercontinental, el Museo de Historia Natural y el Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Se tienen registros de que la nueva página web de **PUMAGUA** mensualmente recibe visitas de más de dos mil personas de 24 países, en promedio.
- Como resultado del trabajo integrado de todas las áreas de PUMAGUA, se ha logrado construir una serie de indicadores sobre el manejo del agua en la UNAM, particularmente en CU, con los cuales ha sido posible conformar el Observatorio del Agua UNAM (www.agua.unam.mx/observatorio) .

A continuación se detallan las actividades realizadas en 2011, a través de las cuales se ha logrado el avance mencionado anteriormente.

III. Actividades en Ciudad Universitaria

A. Comunicación

1. Realización del festival H2O: efecto esperado

En conjunto con la Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria (DGACU), de abril a diciembre, se llevó a cabo un festival artístico y cultural, cuyo objetivo principal fue involucrar a los estudiantes de la UNAM en el uso responsable del agua, mediante actividades que resaltarán el carácter disfrutable del recurso (consultar anexo para ver invitaciones y registro de eventos). Así, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

a) Área de exhibición y eventos artísticos

Se colocó un área de exhibición de organizaciones que trabajan en el tema del agua: **PUMAGUA**, Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS), Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Comisión Nacional del Agua, Comisión del Agua del Estado de México, Centro Virtual de Información del Agua, Grupo de Estudios Ambientales, Cátedra UNESCO-IMTA, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Universidad Iberoamericana, Programa Universitario de

Estudios sobre la Ciudad, Pronatura México, Red del Agua UNAM, Inventario Nacional de Humedales.

En el evento también se llevó a cabo un concierto de música funk, así como talleres de artes plásticas. Se calcula que asistieron más de 500 personas, principalmente estudiantes. Mediante pláticas informales con los asistentes, se detectó que las carreras que tuvieron mayor presencia fueron Arquitectura, Ingeniería, Ciencias y Filosofía. Se considera que esto se debe a que se contó con el apoyo del área de comunicación de dichas facultades para promover el evento de manera interna. Además, el evento fue anunciado en el periódico Reforma y en la estación Radio Ciudadana, del Instituto Mexicano de la Radio. Ver Figura 14.



Figura 14. Stand PUMAGUA y Concierto de Brass Street Boys, en H2O: efecto esperado.

b) Concursos

Se lanzaron convocatorias para concursos de mini relatos de terror, fotografía e invento fantástico, todos con el tema de uso eficiente del agua. En el caso del invento fantástico, se trataba de generar propuestas de artefactos para solucionar la problemática del agua, los cuales son fueran realmente funcionales, sino que destacaran por la capacidad imaginativa de su autor.

Para darles difusión a los concursos se hicieron llamadas a preparatorias incorporadas a la UNAM y se solicitó que las convocatorias fueran colocadas en páginas web de la UNAM, así como en páginas que difunden concursos literarios.

c) Intervenciones de espacios

Se solicitó a 3 artistas plásticos que crearan intervenciones de espacio con el tema del uso eficiente del agua. Éstas fueron colocadas en el bajo puente de la Facultad de Arquitectura, en la Facultad de Medicina y en las Islas. Ver Figura 15.



Figura 15. Intervención de espacio en la Facultad de Medicina.

d) Talleres de artes plásticas

Se llevaron a cabo talleres de máscaras con materiales reciclados (plástico y papel), en diversas facultades y escuelas como la Facultad de Ingeniería, Veterinaria, Contaduría y Administración, Ciencias, la Escuela Nacional de Trabajo Social y el Centro de Lenguas Extranjeras. Ver Figura 16.



Figura 16. Taller de máscaras en la Escuela Nacional de Trabajo Social

e) Pláticas con artistas

Artistas plásticos e investigadores que trabajan en con obras artísticas relacionadas con el agua impartieron las siguientes pláticas "Agua en lo sublime, literatura", "Agua, música y arte" y "Fuentes". Las sedes fueron las Facultades de Ingeniería, Arquitectura y Filosofía y Letras.

f) Muestra cinematográfica

Se proyectaron las siguientes películas, en las cuales el agua es un elemento central: “Cuchillo en el agua”, de Roman Polanski; “Simbad del mareado”, de Martínez Solares; “Fantasía”, de James Algar; “Tiburón”, de Steven Spielberg. Las películas se proyectaron en auditorios de la Facultad de Derecho, Química, Economía y de la Escuela Nacional de Trabajo Social.

g) Intervenciones sonoras

Dos artistas sonoros (DJ) se presentaron en el bajo puente de la Facultad de Química y de la Facultad de Arquitectura para realizar actividades de exploración sonora, la cual consistió en mezclar sonidos de agua con música.

2. Participación en Megaofrenda 2011

Se recibió una invitación por parte de la Subdirección de Formación Artística y Cultural, de la DGACU para participar en la Megaofrenda que se coloca anualmente en la explanada central de CU. La megaofrenda se diseñó en torno al escritor argentino Jorge Luis Borges y el tema de la ofrenda de **PUMAGUA** fue el cuento “Emma Zunz”. Se decidió darle un tono alegre, utilizando colores llamativos y figuras de animales marinos. Se contó con la ayuda del área de Balance Hidráulico y de la Red del Agua UNAM para montar la ofrenda y para hacer presencia. En la Figura 17 se muestra la megaofrenda presentada en el evento.



Figura 17. Personal de Comunicación/Participación, Balance Hidráulico y de la Red del Agua UNAM, en la ofrenda PUMAGUA

3. Participación en evento de bienvenida a alumnos de nuevo ingreso, Facultad de Ciencias

Se colocó el Stand **PUMAGUA** en la Facultad de Ciencias, dentro del evento que llevó a cabo la Facultad para dar la bienvenida a los alumnos de nuevo ingreso. En el stand se presentaron los objetivos y avances de **PUMAGUA**; se indicaron las acciones que **PUMAGUA** recomienda para las facultades (acciones **PUMAGUA**) y se dieron a conocer acciones que pueden llevar a cabo los estudiantes para hacer un uso responsable del agua en el campus.

B. Capacitación “taller dirigido a personal de mantenimiento”

Se llevó a cabo la segunda parte del taller “Seguridad de fluxómetros”, con la participación de 26 dependencias. En el evento las empresas Helvex y Sloan mostraron sus avances en el diseño de dispositivos para impedir el vandalismo de los fluxómetros de las dependencias. Asimismo, se discutió con los asistentes los mecanismos para contribuir a la seguridad de los muebles de baño. Como se muestra en el anexo de *Comunicación / Participación*, los puntos tratados se centraron en cuatro temas: implementación de sistemas de vigilancia, puesta en marcha de sistemas-anti vandalismo, diseño de dispositivos para los muebles de baño y concientización de la comunidad de las dependencias.

IV. Actividades en la UNAM, fuera de Ciudad Universitaria

A. Aplicación de cuestionarios a alumnos de bachillerato de la UNAM

En conjunto con la Dirección General de Orientación y Servicios Educativos (DGOSE) se diseñó un cuestionario (ver Anexo) para evaluar la percepción sobre el manejo del agua en los planteles educativos de alumnos de Colegios de Ciencias y Humanidades (CCH) y de Escuelas Nacionales Preparatorias (ENP) preparatorias de la UNAM. La DGOSE los envió vía internet a alrededor de 60,000 alumnos. El periodo de aplicación fue de febrero a abril. El cuestionario fue contestado por 15,553 alumnos de bachillerato, 8,959 pertenecen a los 5 planteles del CCH y 6,594, a los 9 planteles de las ENP. En el anexo de *Comunicación / Participación* se muestra tanto el cuestionario aplicado, como los resultados del análisis de los datos. De manera general, se puede decir que los estudiantes perciben que el manejo del agua en sanitarios es deficiente, mientras que en laboratorios es adecuado, y desconocen el uso del agua en áreas verdes. Por otro lado, un número elevado manifestó interés por colaborar en las actividades de PUMAGUA.

Este ejercicio permitió generar un artículo que se encuentra en revisión en la Revista Digital de la UNAM (www.revista.unam.mx). Asimismo, los resultados de la encuesta han sido subidos a la página de **PUMAGUA**.

B. Colaboración con campi externos

En el mes de marzo, se tuvo una reunión con la Dra. Rose Eisenberg, responsable del Proyecto de Académicos y Alumnos Interdisciplinario en pro de la Salud y el Ambiente intra FESI (PAAISA), con quien se acordó implementar las estrategias del área de Comunicación/Participación en la FES Iztacala, de acuerdo con las condiciones particulares de dicho campus. La Dra. Eisenberg envió una propuesta de cuestionario para evaluar la percepción de la comunidad del campus sobre el manejo del agua (ver anexo de *Comunicación / Participación*). Se le enviaron algunas sugerencias al respecto. Asimismo, la Dra. Eisenberg solicitó a **PUMAGUA** la revisión de una propuesta de manual para jardineros, al cual se le hicieron varias observaciones.

En enero se visitó el campus de Juriquilla y se presentaron las estrategias de Comunicación/Participación al Lic. Juan Villagrán, responsable de Difusión. Se acordó llevar a cabo una encuesta a la comunidad del campus. En noviembre se acudió de nuevo a Juriquilla y esta vez se sostuvo una reunión con la Lic. Julieta Espinosa, responsable de Vinculación, a quien se le presentaron las propuestas de cuestionarios para la comunidad del campus. Se acordó que ella se haría cargo de la aplicación de los mismos.

En marzo se visitó el campus Morelia, en donde se presentaron las estrategias de Comunicación/Participación de **PUMAGUA** al Maestro Rubén Larios, responsable de vinculación. Se acordó que se procedería a aplicar una encuesta a la comunidad universitaria.

En el mes de noviembre se acudió a la FES Zaragoza a presentar el área de Comunicación/Participación de **PUMAGUA**, con el fin de iniciar la implementación del Programa en dicho campus.

C. Muestra cinematográfica

Como parte del festival *H2O: efecto esperado*, se convocó a varios fotógrafos a presentar obras relativas al disfrute del agua. Se seleccionaron 12 trabajos de 5 fotógrafos universitarios y se montó una exhibición en las rejas exteriores de la Casa Universitaria del Libro, en la colonia Roma. El cartel de difusión se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Invitación a la exposición "Por el disfrute del agua"

D. Festival Tú Biodiversidad

En el mes de abril se llevó a cabo la Clausura del año mundial de la biodiversidad, en la explanada del monumento a la Revolución. **PUMAGUA** fue invitado a colocar con stand, en el cual se presentaron sus avances, incluyendo cuatro carteles exponiendo los trabajos de los alumnos de las carreras de Biología, Veterinaria (Ciudad Universitaria) y Medicina (FES Iztacala). Asimismo, con el apoyo de Badger meter, se colocó un modelo del sistema de manejo de agua en CU y, con el apoyo del PUMA, se construyó un modelo que permitía comparar el consumo de una llave de lavabo no ahorradora y otra que sí lo era. Ver Figura 19.



Figura 19: Stand de PUMAGUA en la Exposición Tú Biodiversidad

E. Actividades de educación ambiental en escuelas primarias

En marzo se acudió al Colegio Piaget y, a lo largo de una semana, se realizaron las siguientes actividades (ver el programa en el de *Comunicación / Participación*): Los primeros 3 días se llevaron a cabo prácticas con los alumnos de primero a tercero de primaria, en las cuales se les habló sobre la importancia del agua, el ciclo del agua, la relevancia de estudiar su calidad, las posibilidades de tratarla; la huella hídrica, así como acciones para efectuar un uso responsable del recurso. Durante los últimos 2 días, los estudiantes de quinto y sexto de primaria visitaron CU, en donde se les dio una plática sobre la importancia del recurso, cómo realizar análisis sencillos de calidad del agua, la relevancia de la medición, acciones para su uso responsable, así como las estrategias de PUMAGUA. Posteriormente visitaron

F. Pláticas sobre PUMAGUA

A solicitud de la Subdirección de Enlace y Vinculación, de la DGACU, se impartieron pláticas sobre los objetivos y avances de **PUMAGUA** a estudiantes del CCH Naucalpan y de la ENP plantel 1. Asimismo, a solicitud de la FES Acatlán, se el área de Comunicación/Participación participó en el Foro “Las políticas públicas del agua en la región Poniente del Valle de México”, en el Panel 4, “La sociedad civil organizada”.

V. Nueva página web

Debido a que se detectó que el número de visitas a la página estaban disminuyendo mes con mes y a los comentarios sobre su dificultad de legibilidad, se decidió modificar completamente la estructura y el contenido de la misma. Así, se elaboró una página que permite acceder de manera lógica y sencilla a los avances de las áreas de **PUMAGUA**.

Cada uno de los ejes de acción cuenta con una sección en la página principal, en la que se muestran los aspectos que se consideraron de mayor interés para los usuarios, tales como la calidad del agua para uso y consumo humanos en diferentes puntos de Ciudad Universitaria (“semáforo de calidad del agua”), el consumo promedio mensual de las dependencias y el sistema de alerta de fugas (“semáforo de fugas”), los eventos de Comunicación/Participación, el Sistema de Información Geográfica (“sistema de manejo de agua en CU”), así como los responsables de atender las fugas reportadas por la comunidad universitaria, como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Nueva página web de PUMAGUA.

VI. Presencia en medios

En enero se acudió a una entrevista en el programa de radio Ingeniería en Marcha, en Radio UNAM, en donde se habló sobre los avances de **PUMAGUA**.

En febrero se tuvo participación en el capítulo “Agua para por mi casa... de estudios”, del programa de televisión “Mirador Universitario”, en el canal 22.

En mayo se participó en dos entrevistas de radio en la estación Radio Ciudadana, del Instituto Mexicano de la Radio (IMER). En la primera se habló sobre el festival *H2O: efecto esperado*, con el propósito de hacer una invitación al evento del 5 de mayo (área de exposición, concierto y talleres de artes plásticas). En la segunda se habló concretamente sobre los objetivos y avances de **PUMAGUA**.

Durante la Megaofrenda, se participó en una entrevista del Canal 22, en donde se habló de la ofrenda **PUMAGUA**, así como de los avances del Programa.

También se publicaron diversos aspectos de cada uno de los ejes de acción del Programa en los siguientes medios:

- El Universal
- Milenio
- Gaceta UNAM
- Gaceta del Instituto de Ingeniería

VII. Observatorio del Agua- UNAM

Se seleccionaron 6 indicadores (2 de calidad del agua, 2 de cantidad de agua y 2 de participación social) y se construyó una sección en la página web de la Red del Agua UNAM, con el título Observatorio del Agua UNAM, en la cual se presentan dichos indicadores, procurando su actualización mensual. La información es mayoritariamente de CU, pero se incluyen algunos indicadores de FES Aragón y de FES Iztacala. A lo largo del 2012 se contará con información de otros campi de la UNAM.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

I. Objetivo

El objetivo del área de Sistema de Información Geográfica es administrar de manera efectiva los recursos para asegurar la sostenibilidad de un servicio de calidad. En todo ello la información y de manera específica la información referenciada geográficamente juega un papel relevante..

II. Avances

El Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene por objeto presentar los avances de **PUMAGUA** y establecer un modelo inicial de la red hidráulica basado en un ejemplo muy exitoso de diseño: el modelo de infraestructura Hidráulica de ESRI. Dicho modelo servirá como punto de partida a un proceso de iteración que permitirá afinar sus características.

Se abordan los siguientes tópicos:

- Introducción al modelo.
- Definición de los sistemas de colección y distribución de agua y su implementación en ArcGIS
- Recursos y directrices para implementar instancias del modelo.
- Escenarios del proceso de implementación. Tareas para evaluar los requerimientos del modelo... e implementación...
- Descripción de las estructuras de datos.
- Una discusión general sobre técnicas de modelación y el uso de la notación UML

III. Proceso de adopción e implementación del modelo

Se pueden distinguir tres fases que constan a su vez de varios pasos: en las dos primeras se diseña e implementa la base de datos geoespacial. En la tercera se pone a disposición de los usuarios para apoyar sus tareas

Fase 1 Planeación y diseño

1. Evaluar el sistema hidráulico propio
2. Comparar los datos propios con los datos del modelo
3. Extender y adecuar las clases para atender las necesidades de los usuarios
4. Crear un modelo lógico utilizando los objetos del modelo para representar el sistema

Fase 2 Crear la base de datos geoespacial

1. Exportar el modelo UML generado en la fase anterior al repositorio
2. Utilizar herramientas CASE de arcCatalog para crear base de datos geoespacial vacía que implementa el esquema correcto
3. Cargar los datos

Fase 3 Compartir la base de datos

1. Crear conexiones para acceso local y remoto según se necesite.
2. Uso de layers para simbolizar los rasgos
3. Uso de mapas para tareas apoyar tareas específicas
4. Uso de conexiones para controlar el acceso a los recursos.

Actualmente el desarrollo del modelo se encuentra en la fase 3 como se muestra en las Figuras 21, 22 y 23; así como el anexo técnico del Sistema de Información Geográfica.

Ya se cuenta con información hidráulica disponible en el SIG, así como herramientas que facilitan su visualización. Cabe señalar, que este modelo desarrollado también funcionará para dar a conocer los puntos de monitoreo de calidad del agua y conforme se vaya generando información podrá ser una herramienta fundamental para la Dirección General de Obras y Conservación.

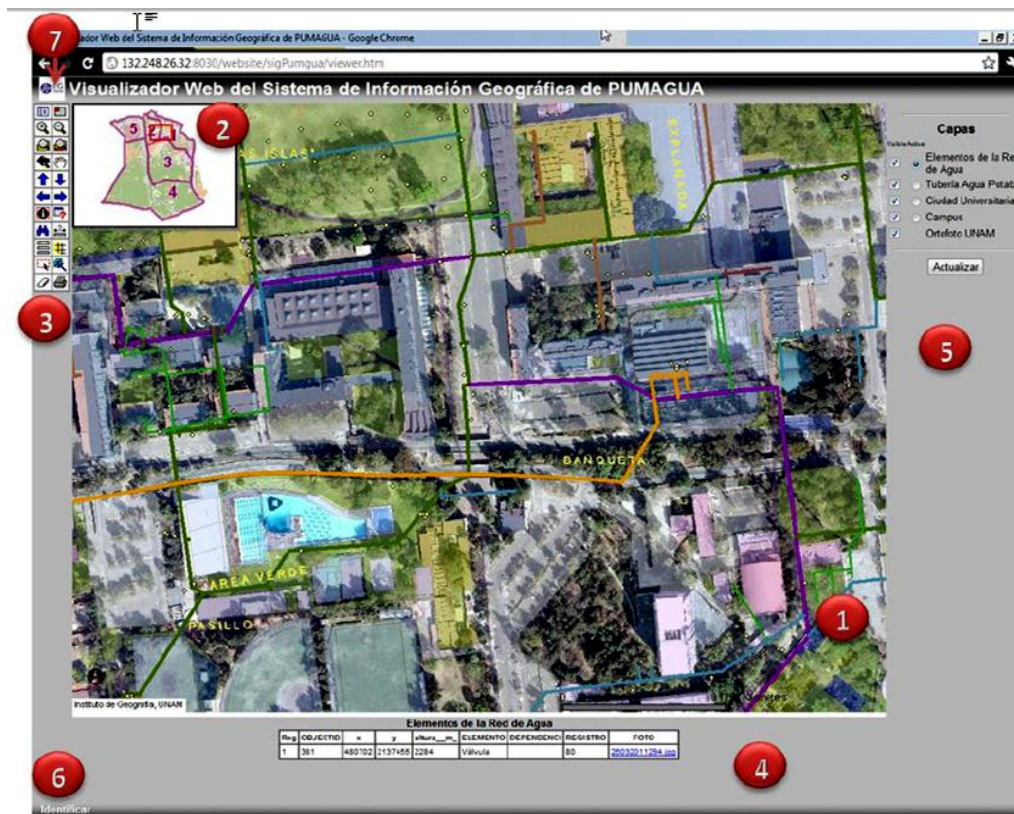


Figura 21. Componentes de la Interfaz de usuarios.

1. Mapa
2. Vista general
3. Barra de herramientas
4. Tabla de Datos
5. Tabla de contenido / leyenda
6. Herramienta activa
7. Créditos SIG PUMAGUA

Ícono	Función	Uso
	Conmutar (tabla de contenido / leyenda)	Capas - Elementos de la Red de Agua - Tubería Agua Potable - Ciudad Universitaria - Campus - Ortodoxo UFMG Actualizar “Palomear / des-palomear” una capa para hacerla visible / ocultarla - Las funciones consultar, identificar y seleccionar operan sobre la capa activa - La leyenda muestra la simbología de las capas visibles. - La visibilidad de las capas cambia según la resolución Leyenda - Elementos de la Red Tubería Agua Potable - Diametro 1" 1.5" 2" 2.5" 3" 4" 6" 8" 10" 12" 20" - AREA DEPORTIVA - AREA VERDE - CENTRO CULTURAL - CENTRO DE ENSEÑ - EDIFICIO ADMINIST - EDIFICIO DE SERV - EDUCITIVA
	Conmutar vista general	- El recuadro rojo indica la posición y tamaño de la vista actual en relación con el mapa completo - un clic con el botón izquierdo desplaza el centro de la vista actual al punto donde se dé el clic 
	Acercar	
	Alejar	
	Zoom al recuadro envolvente de todas las capas ("extent")	
	Zoom al recuadro envolvente de la capa activa	
	Zoom anterior	
	Desplazamiento lateral	
	Desplazamiento % de pantalla	

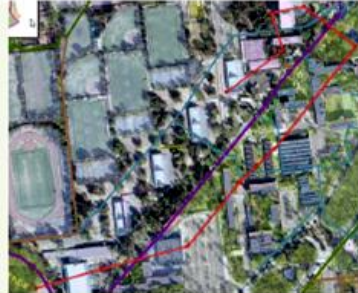
Figura 22. Herramientas de navegación.

Ícono	Función	Uso																																																																																																
	Identificar objeto seleccionado en la capa activa	- Muestra los atributos del objeto que se seleccione mediante un clic sobre el mapa <table border="1"> <caption>Elementos de la Red de Agua</caption> <thead> <tr> <th>Reg</th> <th>OBJETO</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>AREA_M</th> <th>ELEMENTO</th> <th>DEPENDENCIA</th> <th>REGISTRO</th> <th>FOTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127130</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td></td> <td>00</td> <td>SAGL_0405.jpg</td> </tr> </tbody> </table> - El hipervínculo en el campo "FOTO", abre una ventana con la foto del elemento correspondiente (una válvula, en este caso). 	Reg	OBJETO	X	Y	AREA_M	ELEMENTO	DEPENDENCIA	REGISTRO	FOTO	1	108	400433	2127130	2294	Válvula		00	SAGL_0405.jpg																																																																														
Reg	OBJETO	X	Y	AREA_M	ELEMENTO	DEPENDENCIA	REGISTRO	FOTO																																																																																										
1	108	400433	2127130	2294	Válvula		00	SAGL_0405.jpg																																																																																										
	Elaborar consulta	- Permite construir una expresión booleana para filtrar los elementos de una capa de acuerdo a condiciones específicas - Por ejemplo. Si la capa activa es la capa "elementos de la red de agua" y queremos seleccionar todos los registros de elementos que no son aspersores, se utilizaría esta consulta. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Campo</th> <th>Operador</th> <th>Valor de muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ELEMENTO</td> <td>=</td> <td>"Aspersor"</td> </tr> </tbody> </table> Agrega NOT (ELEMENTO = "Aspersor") Ejecutar Deshacer Limpiar - Al oprimir el botón ejecutar se despliega una tabla con todos los registros que cumplen los criterios. <table border="1"> <caption>Elementos de la Red de Agua</caption> <thead> <tr> <th>Reg</th> <th>OBJETO</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>AREA_M</th> <th>ELEMENTO</th> <th>DEPENDENCIA</th> <th>REGISTRO</th> <th>FOTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127130</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td></td> <td>00</td> <td>SAGL_0405.jpg</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127131</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td></td> <td>00</td> <td>SAGL_0407.jpg</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127132</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td></td> <td>SAGL_0408.jpg</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>141</td> <td>400433</td> <td>2127131</td> <td>2292</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td></td> <td>SAGL_0408.jpg</td> </tr> </tbody> </table> - Si la consulta genera más de 25 registros al fondo de la tabla se presenta la opción de mostrar el grupo (anterior/siguiente) de registros - Al dar click en el número de registro la vista de mapa se acerca al objeto seleccionado <table border="1"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127130</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td>00</td> <td>SAGL_0405.jpg</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127131</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td>00</td> <td>SAGL_0407.jpg</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>108</td> <td>400433</td> <td>2127132</td> <td>2294</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td>00</td> <td>SAGL_0408.jpg</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>141</td> <td>400433</td> <td>2127131</td> <td>2292</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td>00</td> <td>SAGL_0408.jpg</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>142</td> <td>400433</td> <td>2127132</td> <td>2292</td> <td>Válvula</td> <td>Carrota Rotatoria 1</td> <td>00</td> <td>SAGL_0408.jpg</td> </tr> </tbody> </table> Mostrar 25 Registros Mostrar 10 Registros Mostrar 5 Registros	Campo	Operador	Valor de muestra	ELEMENTO	=	"Aspersor"	Reg	OBJETO	X	Y	AREA_M	ELEMENTO	DEPENDENCIA	REGISTRO	FOTO	1	108	400433	2127130	2294	Válvula		00	SAGL_0405.jpg	2	108	400433	2127131	2294	Válvula		00	SAGL_0407.jpg	3	108	400433	2127132	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1		SAGL_0408.jpg	4	141	400433	2127131	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1		SAGL_0408.jpg	1	108	400433	2127130	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0405.jpg	2	108	400433	2127131	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0407.jpg	3	108	400433	2127132	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg	4	141	400433	2127131	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg	5	142	400433	2127132	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg
Campo	Operador	Valor de muestra																																																																																																
ELEMENTO	=	"Aspersor"																																																																																																
Reg	OBJETO	X	Y	AREA_M	ELEMENTO	DEPENDENCIA	REGISTRO	FOTO																																																																																										
1	108	400433	2127130	2294	Válvula		00	SAGL_0405.jpg																																																																																										
2	108	400433	2127131	2294	Válvula		00	SAGL_0407.jpg																																																																																										
3	108	400433	2127132	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1		SAGL_0408.jpg																																																																																										
4	141	400433	2127131	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1		SAGL_0408.jpg																																																																																										
1	108	400433	2127130	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0405.jpg																																																																																										
2	108	400433	2127131	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0407.jpg																																																																																										
3	108	400433	2127132	2294	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg																																																																																										
4	141	400433	2127131	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg																																																																																										
5	142	400433	2127132	2292	Válvula	Carrota Rotatoria 1	00	SAGL_0408.jpg																																																																																										
	Buscar texto	Regresa todos los registros de la capa activa que contengan la cadena de texto buscada, independientemente del campo en el que aparezcan.																																																																																																

Figura 23. Herramientas de selección y consulta.

 **Selección de elementos de la capa activa** utilizando una línea o un polígono

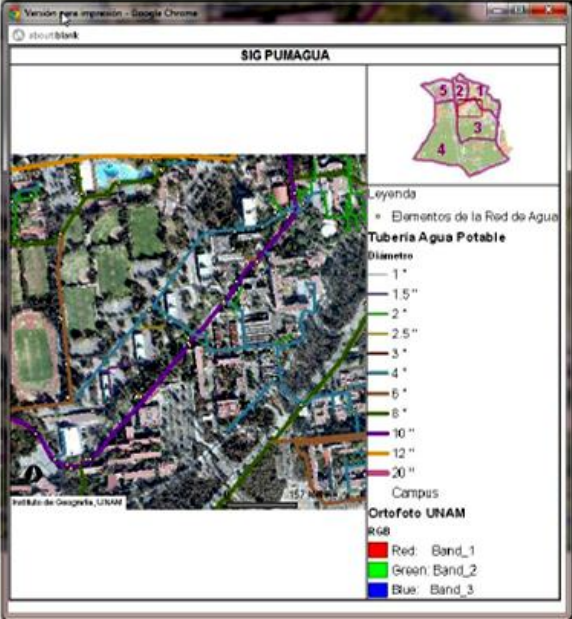
- Selecciona todos los elementos de la capa activa tocados por el trayecto lineal o el polígono (trazo en rojo) dibujado por el usuario



 **Borrar selección**

 **Imprimir mapa**

- Permite imprimir una composición de mapa que incluye la vista actual y la leyenda



- Por omisión, el navegador bloquea las “ventanas emergentes” (pop-ups). Se requiere autorizarlas para este sitio web.

Figura 24. Herramientas de selección y consulta.

ACCIONES PUMAGUA

I. Balance Hidráulico

Durante 2011 se ha tratado de replicar el conocimiento y la experiencia desarrollada por **PUMAGUA** en diversas entidades externas como por ejemplo: El H. Congreso de la Unión y la Universidad Autónoma del Estado del Hidalgo. Por otro lado se elaboró un manual para la Comisión Estatal del Agua del Estado de México. En el anexo *Proyectos de vinculación* se muestran más detalles.

II. Calidad del Agua

El Instituto de Ingeniería llevó a cabo actividades en instituciones externas a la UNAM, como fue el caso del Congreso de la Unión y la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

En el mes de marzo del 2011, se llevó a cabo una evaluación puntual de la concentración de cloro residual libre en el agua de las 4 cisternas de almacenamiento para agua potable del Congreso de la Unión. Durante el mes de abril de 2011 se llevó a cabo un recorrido por las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (ver Figura 22), durante el cual se seleccionaron 6 puntos de muestreo para evaluar la calidad del agua potable.



Figura 25. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

III. Comunicación / Participación

El equipo de **PUMAGUA** acudió a varias reuniones con personal administrativo del Congreso de la Unión, por el interés manifestado en adoptar el Programa. Se presentaron las estrategias de Comunicación/Participación en cada una de dichas reuniones.

De igual manera, el equipo de **PUMAGUA** acudió a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) porque dicha institución manifestó su interés en adoptar el Programa. Se presentaron las estrategias del área de Comunicación/Participación y se conversó con el responsable de difusión de la UAEH, proponiéndole la realización de una encuesta a la comunidad local.

Se redactó el Manual de Comunicación/Participación, para la implementación de **PUMAGUA** en los municipios del Estado de México. El manual incluye el método para efectuar el mapeo de actores, el establecimiento de la línea basal, así como el diseño del programa de comunicación y la evaluación del programa.

Se recibió una invitación por parte del Museo de Historia Natural para dar una plática sobre los objetivos y avances del Programa, la cual se realizó en el mes de abril. Asimismo, la Universidad Intercontinental (UIC) contactó al área de Comunicación/Participación para participar con un stand y con una conferencia en el “Primer encuentro de leyes verdes”, en el mes de agosto. La conferencia se tituló “Modelo de gestión del agua en las universidades” y se presentó a alrededor de 100 estudiantes de la UIC.

PLANES PARA EL 2012

I. Balance

Para el año 2012, la Coordinación de Balance Hidráulico ha continuará con los trabajos de montaje del sistema de lectura automática en todos los campi de la UNAM y dar continuidad a los programas de muebles de baño, riego de áreas verdes y al programa de recuperación de caudales. Pare ello, se han establecido ejes de acción entorno a los cuales se efectuarán las acciones, estos ejes se describen a continuación,

1. Análisis de la información del sistema de monitoreo de suministro de agua potable.

Analizar la información de los caudales suministrados y consumidos que se reportan en la base de datos que contiene las mediciones de los medidores instalados en los campi de la UNAM. Se darán las recomendaciones correspondientes a cada una de las dependencias que se están monitoreando; con la finalidad de bajar el consumo o bien recuperación de caudales fugados en la red principal o dentro de los edificios. La base de datos proporcionará información de caudales en tiempo real de cada medidor instalado en cada una de las dependencias de la UNAM.

2. Detección y reparación de fugas

Detección de fugas en la red primaria de distribución en cada uno de los campi, utilizando equipos de vanguardia que facilitan el trabajo. La reparación de las fugas en la red principal se ejecutará por parte de la DGOyC y en su caso por el responsable de cada uno de los campi, el grupo de **PUMAGUA** supervisará los trabajos. Recuperación de caudales en el interior de las dependencias, a través de informar periódicamente a las dependencias sobre las fugas y desperdicios detectados en sus instalaciones.

3. Mejoramiento en la eficiencia de los pozos en Ciudad Universitaria

Establecer un programa de mantenimiento y mejoramiento en la eficiencia de cada uno de ellos a partir de un diagnóstico de eficiencia de los tres pozos que abastecen de agua a CU.

4. Reducción de caudales con el cambio de muebles de baño

Supervisión y asesoramiento a las dependencias en el cambio de muebles de baños por los de bajo consumo, para alcanzar un ahorro del 40% del agua que se abastece a los edificios, equivalente a un volumen hasta de 2 litros por segundo.

5. Reducción de caudales para el riego de áreas verdes

Promover la sustitución de vegetación exótica por vegetación nativa del Pedregal de San Ángel o de bajo consumo de agua, de acuerdo las necesidades de cada campi; esto en coordinación con la DGOyC, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y el Jardín Botánico.

6. Formación de recursos humanos

Integrar al equipo de trabajo del Programa estudiantes de diversas carreras y postgrados como parte de su formación curricular; así como en proyectos en los que realicen sus trabajos de tesis o colaboren haciendo su servicio social.

II. Calidad del Agua

La Coordinación de CALIDAD DEL AGUA ha planteado continuar con el seguimiento de acciones ya implementadas así como nuevas que apoyarían el garantizar la calidad del agua dentro de los campi universitarios. Par ello se tiene planeado realizar las siguientes actividades:

Instituto de Ingeniería

- Análisis estadístico de la información histórica de la calidad del agua para uso y consumo humano en el campus Ciudad Universitaria.
- Monitoreo de la calidad del agua potable en puntos de la red de distribución del campus CU.
- Monitoreo en tiempo real de 6 parámetros físico-químicos indicadores de la calidad del agua en el campus CU.
- Estudio de bioaerosoles para la identificación de las bacterias potencialmente patógenas, presentes en los aerosoles que se forman en el riego por aspersión.
- Monitoreo de la concentración de cloro residual libre en agua de las cisternas de almacenamiento para uso y consumo humano del campus CU.
- Diagnóstico de la eficiencia del tren de tratamiento y de la calidad del agua obtenida de la planta de tratamiento de Cerro del Agua.
- Monitoreo de la calidad del agua en cisternas de almacenamiento de agua residual tratada.
- Diagnóstico de la eficiencia del tren de tratamiento y de la calidad del agua obtenida de la planta de tratamiento del IISUE.

- Diagnóstico de la calidad del agua pluvial utilizada en sanitarios del campi CU.
- Publicación de dos manuales de calidad del agua con ISBN.
- Presentación de trabajos en congreso nacional e internacional.
- Publicación de dos artículos en revistas indizadas.

Instituto de Ecología

- Evaluar la continuidad del sistema de desinfección de las fuentes de abastecimiento de CU, a partir de la detección de indicadores microbiológicos
- Evaluar la remoción de indicadores microbiológicos presentes en agua residual, por medio del sistema de ultrafiltración de la PTAR de Cerro del Agua
- Asesoría y estandarización de protocolos interlaboratorios con los campi que se integren a PUMAGUA

Facultad de Medicina.

- Detección de patógenos Gramnegativos: *Campylobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Helicobacter pylori* y *Escherichia coli Enterotoxigénica (ETEC)* en muestras de agua para uso y consumo humano (agua de la llave) y del agua residual de la PTAR Ciencias Políticas y Sociales a partir de PCR-Hibridación.
- Aislamiento e identificación de las especies de *MNT* en las muestras de agua para uso y consumo humano (agua de la llave) y del agua residual de la PTAR Ciencias Políticas y Sociales a partir de PCR-RFLP.
- Participación en congresos tanto nacionales como internacionales.
- La publicación de cuando menos un artículo internacional derivados de los resultado obtenidos del proyecto.
- Evaluar el riesgo en salud por agua contaminada.

III. Comunicación / Participación

- Llevar a cabo una estrategia de comunicación dirigida, particularmente, a los estudiantes de la UNAM. Ésta se ejecutará en dos etapas: en la primera se presentará un stand de **PUMAGUA**, de manera itinerante en todas las facultades de CU. El stand contendrá los objetivos y avances del Programa, las acciones **PUMAGUA** lleva a cabo cada facultad o escuela, las acciones individuales para realizar un uso responsable del agua, así como el anuncio de la segunda fase.

En la segunda fase, en conjunto con el Centro Molina para la Energía y el Ambiente, se realizará un concurso entre los estudiantes de CU, así como de las FES, de propuestas para efectuar un manejo responsable en el campus, en la facultad o escuela en donde está inscrito el estudiante, así como de propuestas para abordar la problemática del agua desde su perspectiva como profesionista.

- Llevar a cabo una campaña de comunicación a nivel general, mediante la colocación de carteles y lonas en CU, en FES, CCH y ENP, además de estaciones de metro de la línea verde. En CU y en las estaciones del metro se anunciarán los avances de **PUMAGUA**; en CU, además, se señalará la presencia del stand itinerante en facultades y escuelas. En FES, CCH y ENP, se invitará a reportar las fugas, proporcionando los datos del responsable de atenderlas.
- Continuar con la extensión de **PUMAGUA** a los campi externos a CU. Se contactará al personal de otros campi de la UNAM, con la finalidad de promover que el Programa sea extendido a todas las instalaciones de la Universidad.
- Efectuar un análisis de los mini relatos enviados por los estudiantes para el concurso de mini relatos de terror, como parte del festival *H2O: efecto esperado*, con el propósito de identificar estrategias de comunicación, con base en las percepciones y actitudes de los jóvenes universitarios hacia el tema del agua.
- Actualizar mensualmente la página internet de **PUMAGUA**, enviando con la misma frecuencia el boletín informativo.
- Actualizar mensualmente el Observatorio del Agua UNAM.
- Organizar, en conjunto con el resto del personal de **PUMAGUA**, un seminario, que incluya temas relacionados con el área de Comunicación/Participación.

PUBLICACIONES

I. Balance

Durante estos primeros meses del año de 2011 la Coordinación de Balance Hidráulico participó en diversos congresos, seminarios y cursos nacionales e internacionales que a continuación se mencionan:

A. Congresos

- Asistencia a la XXV Convención Anual de la Asociación Nacional de Empresas de Agua Potable y Saneamiento. ANEAS 2011. San Luis Potosí, México. 26, 27 y 28 de Octubre de 2011.
- 5to Foro Water Meter Central America. Efectuado en la Ciudad de México, Distrito Federal el 18 de Mayo de 2011.

B. Cursos

- Asistencia al curso - taller: Transferencia de tecnología, Ciudad Universitaria, UNAM. Septiembre – Noviembre de 2011.
- Asistencia al curso: Training Flow Meters. Efectuado en la Ciudad de México, Distrito Federal, Abril de 2011.
- Asistencia al evento biaxial México. Efectuado en la Ciudad de México, Distrito Federal, Septiembre de 2011.

C. Tesis en desarrollo

- Programa de sustitución de muebles de baño desarrollado por Guillermo Alberto Montero Medel.

II. Calidad del Agua

A. Congresos

- Castillo-Rodal Antonia Isabel, Castillo-Rojas Gonzalo, Lloret-Sánchez Lourdes, Mora-Roldán Germán, Paredes-Mendoza Maríanela, López-Vidal Yolanda. Detección de *Escherichia coli* enterotoxigénica y aislamiento e identificación de micobacterias no tuberculosas en agua de reuso de Ciudad Universitaria UNAM. Cartel. XXXVI Congreso Anual de Infectología y Microbiología Clínica. Puebla 2011. del 5 al 18 de junio.
- Vázquez-Salvador N., Sarmiento-Silva R. E., Espinosa A. C., Mazari-Hiriart M. DETERMINACIÓN DE INFECTIVIDAD DE ROTAVIRUS SA11 EN LECHUGA COMO MATRIZ VEGETAL DE ADSORCIÓN. Presentación oral. Congreso Internacional de la Ecología de las Enfermedades y Medicina de la Conservación. KAALANKAB 2011. Universidad Autónoma de Querétaro, noviembre 9-11.
- Nogués-Lugo J. J., Tapia-Palacios M. A., Espinosa A. C., Mazari-Hiriart M. DETECCIÓN DE DOS PARÁSITOS ZOONÓTICOS EN DIFERENTES TIPOS DE AGUA. Presentación oral. Congreso Internacional de la Ecología de las Enfermedades y Medicina de la Conservación. KAALANKAB 2011. Universidad Autónoma de Querétaro, noviembre 9-11.
- Espinosa-García, A.C. 2011. El agua de la Ciudad de México, ¿Beber o no beber?, ¿esa es la cuestión!. Ciclo de conferencias del Instituto de Ecología, UNAM. 21 octubre.

B. Tesis en desarrollo

- Propuesta de dimensionamiento de los sistemas de desinfección por medio de ozono e hipoclorito de sodio para los pozos de Ciudad Universitaria (Tesis Mancomunada). Ricardo Nava Shimada y Gabriel Eduardo Olivares Watson. Directora: Dra. María Teresa Orta Ledesma
- Propuesta de mejoras del sistema de desinfección de ciudad universitaria. Germán Castro Hernández. Directora: Dra. María Teresa Orta Ledesma
- Sistema de desinfección secundario utilizando hipoclorito de sodio (pos cloración) para la red de agua potable de Ciudad Universitaria. María Teresa Valeriano González. Director: Dr. Ignacio Monje Ramírez
- Situación Actual de la Calidad de Agua Destinada para Uso y reuso en la Ciudad Universitaria de la UNAM. Fernando Bautista Arriaga (Tesis en revisión). Directora: M. en C. Isaura Yáñez Noguez
- Nallely Vázquez Salvador Permanencia de virus entéricos en la matriz vegetal regada con agua residual y residual tratada
- Jaqueline J. Noguez Lugo Detección de dos parásitos zoonóticos en agua de diferentes tipos

III. Comunicación / Participación

A. Congresos

- Se presentó una ponencia en el Congreso Internacional en Tecnología, Educación y Desarrollo:
Almeida, L, Camarena, P., Ramos, A, Jujnovsky, J. Aguilar Zamora, V. and Lartigue Baca Cecilia. "Towards a new culture of water at the National Autonomous University of Mexico (UNAM)". *5th International Technology, Education and Development Conference, INTED2011*
- Se presentó una ponencia en una mesa redonda, con la siguiente referencia:
Lartigue Baca, C., Almeida Leñero, L and Nuñez, I. (2011) "An experience of research and participation through the BSc subject of Natural Resources at UNAM". 6th World Environmental Education Congress. Brisbane, Australia.

B. Artículos de divulgación

- Se publicó un artículo en la revista de la Asociación Autónoma del Personal Académico de la UNAM, con la siguiente referencia:
González Villarreal, F.J., Val Segura, R., Lartigue Baca, C. y Rocha Guzmán, J. (2011) "PUMAGUA; un modelo generado por la UNAM con aplicación a nivel nacional e internacional". Revista AAPAUNAM, Año 3, N. 3, p. 229-232.
- Se escribió un artículo publicado en la Revista Digital de la UNAM, con la referencia que se menciona a continuación:
Cecilia Lartigue, Rosendo Servín, Rafael Val, Fernando González Villarreal ¿Qué opinan los alumnos de CCH y Preparatorias de la UNAM sobre el manejo del agua en sus planteles?
www.revista.unam.mx/index_dic11/htm

INFORME FINANCIERO 2011

COLABORADORES

Los trabajos desarrollados durante este año 2011 por parte de **PUMAGUA**, han sido posibles gracias al trabajo de sus integrantes:

Dr. Fernando J. González Villarreal.

Director del Programa **PUMAGUA**

Dr. Rafael Val Segura.

Coordinador ejecutivo de **PUMAGUA**.

BALANCE HIDRÁULICO

Ing. José Daniel Rocha Guzmán

Coordinador

Ing. José Miguel Segundo Vázquez

Ing. Tomás Torres Cruz.

Est. de Maestría en Ingeniería. Fernando Reyes Soto

Pas. de Ing. Civil Maricela Ojeda Ramírez

Pas. de Ing. Civil. Luis Antonio Dávila Borja

Pas. de Ing. Civil. Guillermo Alberto Montero Medel

Pas. de Ing. Civil. Pablo Alberto Roa Ramírez

Est. de Ing. Civil. Iván García Hernández

Est. de Ing. Industrial. Saúl Morales Rivera

CALIDAD DEL AGUA

Instituto de Ingeniería

Dra. Ma. Teresa Orta Ledesma

Coordinadora

M. en C. Isaura Yáñez Noguez

Dr. Ignacio Monje Ramírez

Ing. Erick Iván García Santiago

Ing. Ricardo Nava Shimada

Ing. Gabriel Eduardo Olivares Watson

Ing. Germán Castro Hernández

Ing. Ma. Teresa Valeriano González

Pas. de Biol. Fernando Bautista Arriaga

Instituto de Ecología

Dra. Marisa Mazari Hiriart

Coordinadora

Dra. Ana Cecilia Espinosa García
Pas. de Biol. Nallely Vázquez Salvador
Pas. de Biol. Jaqueline Jeniffer Noguez Lugo

Facultad de Medicina

Dra. Yolanda López Vidal

Coordinadora

Dr. Gonzalo Castillo Rojas
Dra. Antonia Isabel Castillo Rodal
Dra. Lourdes Lloret y Sánchez
Dra. Marianela Paredes Mendoza
Pas. de Biol. Germán Mora Roldán

COMUNICACIÓN / PARTICIPACIÓN

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

Coordinadora

Lic. Berenice Hernández Mastache
Lic. Marben Acosta Terán
Lic. Verónica Natal Cosío
Biól. Karen López Estrada
Pas. de Lic. en Com. Anabel Martínez Ortiz
Pas. de Lic. en Diseño Gisel Aguilar López
Pas. de Biól. Alejandro Cáliz
Pas. de Lic. en Com. Ulises Duarte

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

M. en C. Javier Osorno

Coordinador

DEPENDENCIAS QUE APOYAN A PUMAGUA

Rectoría
Consejo Universitario
Instituto de Ingeniería
Instituto de Ecología
Facultad de Medicina
Instituto de Geografía
Dirección General de Obras y Conservación
Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria
Jardín Botánico
Arquitectura del Paisaje

DEPENDENCIAS QUE PARTICIPAN DENTRO DE LAS ACCIONES DE PUMAGUA

PUNTUACIÓN:

Medalla de oro	3 o más acciones PUMAGUA	
Medalla de plata	2 acciones PUMAGUA	
Medalla de bronce	1 acción PUMAGUA	

FACULTADES Y ESCUELAS	MEDALLA
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	
Facultad de Ciencias	
Facultad de Medicina	
Facultad de Química	
Facultad de Psicología	
Facultad de Odontología	
Facultad de Ingeniería	
Facultad de Derecho	
Facultad de Filosofía y Letras	
Facultad de Economía	
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	
Facultad de Contaduría y Administración	
Facultad de Arquitectura	
Facultad de Estudios Superiores Iztacala	

Informe de avances PUMAGUA.2011

Facultad de Estudios Superiores Aragón	
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza	
Facultad de Estudios Superiores Acatlán	
Escuela Nacional de Trabajo Social	
Escuela Nacional de Música	
Escuela Nacional de Artes Plásticas	
Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras	
Centro de Enseñanza para Extranjeros	

INSTITUTOS	MEDALLA
Instituto de Ecología	
Instituto de Biología	
Instituto de Química	
Instituto de Fisiología Celular	
Instituto de Ciencias Nucleares	
Instituto de Investigaciones Biomédicas	
Instituto de Ingeniería	
Instituto de Investigaciones Económicas	

Informe de avances PUMAGUA.2011

Instituto de Investigaciones Estéticas	
Instituto de Investigaciones Filosóficas	
Instituto de Investigaciones Filológicas	
Instituto de Investigaciones Históricas	
Instituto de Investigaciones Jurídicas	
Instituto de Investigaciones Sociales	
Instituto de Investigaciones Antropológicas	
Instituto de Investigaciones en Materiales	
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	
Instituto de Matemáticas	
Instituto de Astronomía	
Instituto de Geofísica	
Instituto de Geografía	
Instituto de Geología	
Instituto de Física	
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS)	
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación	
Jardín Botánico	

DEPENDENCIAS ADMINISTRATIVAS	MEDALLA
Rectoría	
Coordinación de Humanidades	
Coordinación de Estudios de Posgrado	
Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios	
Dirección General de Administración Escolar	
Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas	
Dirección General de Servicios Médicos	
Dirección General de Artes Visuales	
Dirección General de Actividades Cinematográficas	
Coordinación de Difusión Cultural	
Dirección General de Divulgación de la Ciencia	
Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial	
Dirección General de Presupuesto	
Dirección General de Personal	
Dirección General de Bibliotecas	
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación	

Informe de avances PUMAGUA.2011

Unidad de Seminarios "Dr. Ignacio Chávez"	
Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA)	
Consejos Académicos	
Museo Universitario de Arte Contemporáneo	
Centro de Ciencias de la Atmósfera	
Coordinación de la Investigación Científica	
Torre II de Humanidades	
Dirección General de Obras y Conservación	
Coordinación de Áreas Verdes	
Talleres de Conservación	
Dirección General de Servicios Generales	
Dirección General de CCH	
Centro Universitario de Teatro	
CENDIS	
Patronato Universitario	
Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas	
Unión de Universidades de América Latina (UDUAL)	
Dirección General de Servicios Administrativos Tienda UNAM	

Informe de avances PUMAGUA.2011

Dirección General de Orientación y Servicios Educativos	
Biblioteca central	

BIBLIOGRAFÍA

1. Aisebey Consulting (2008) Are we there yet? A communications evaluation guideline. The Communication Network. Seattle, E.U.A. 40 pp.
2. Albícker, C. (2002). El ozono y la formación de bromatos. Agua Latinoamericana. 2(5):30-36.
3. American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation (2005). Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21st Edition.
4. Angelakis, A.N, L. Bontoux (2001). Wastewater reclamation and reuse in Eureau countries. Water policy. 3(3):47-59.
5. Audenaert, W., Callewaert, M.; Nopens, I.; Cromphout, J.; Vanhoucke, R.; Dumoulin, A.; Dejangs, P.; Van Hulle, S. (2010). Full- scale modeling of an ozone reactor for drinking water treatment. Chemical Engineering Journal, 157(2-3).
6. Captación “in situ” del agua de lluvia para la producción de cultivos en regiones semiáridas Eusebio Ventura, Jr. Universidad Autónoma de Querétaro. C.U. Cerro de las Campanas, Querétaro, MEXICO. 2002.
7. Cardoso, H. (2000) Cultura y comunicación organizacional: el problema de la identidad en las auditorías de comunicación. Universidad Oriente Santiago de Cuba En: <http://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/stgo/article/view/14500205/480>
8. Castillo-Rodal, A. I., M. Mazarí-Hiríart, L. Lloret-Sánchez, B. Sachman-Ruíz, P. Vinuesa and Y. López-Vidal (2011). Potentially pathogenic Non-tuberculous Mycobacteria found in aquatic system. Analysis from a reclaimed water and water distribution system in Mexico city. EJCMI 2011. DOI 10.1007/s10096-011-1359-y
9. Chaidez, C; P. Gortares, K. Mena y M. Soto (2005). Occurrence of Cryptosporidium and Giardia in Irrigation Water and its Impact on the Fresh Produce Industry. International Journal of Environmental. Health Research. 5:339-345
10. Christman, K.A. (1998). Consejo de química del cloro. Arlington, EUA. 23 p.
11. Codina, L. y Marcos, M.,(2005) Posicionamiento web: conceptos y herramientas El profesional de la información 14 (2):84-99
12. COFEPRIS - CONAGUA (2010). Lineamientos generales para el monitoreo de cloro residual libre y muestreo bacteriológico en sistemas formales de abastecimiento de agua para uso y consumo humano. 13 p.

13. Coffman, J. (2002, mayo). Public communication campaign evaluation. Family Research Project. Cambridge, MA de Harvard. 40 pp.
14. CONAGUA (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento. 152 p.
15. CONAGUA (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable. 270p.
16. CONAGUA (2010). Estadísticas del agua en México. 258 p.
17. Corral-Verdugo, V., Bechtel, R.B, Fraijo-Sing, B. (2003) Environmental Beliefs and Water Conservation: An Empirical Study. *Journal of Environmental Psychology*. (23): 247-257
18. Crabtree, K. D., R. H. Ruskin, S. B. Shaw, J. B. Rose (1996). The detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in cistern water in the U.S. Virgin Islands. *Water Research*. 30(1):208-216
19. Díaz-Cinco, M. E; E. E. Leyva-Michel, V. Mata-Haro y H. González-Ríos (2003). Incidencia y Viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el Agua Potable de Ciudad Obregón, Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2: 67-72
20. DOF (2000). Norma Oficial Mexicana, NOM-013-CNA-2000. Redes de distribución de agua potable especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba. México, D.F., 9 de julio, 2003.
21. DOF (2000). Norma Oficial Mexicana, NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público. México, D.F. 19 de junio.
22. DOF (2000). Norma Oficial Mexicana, NOM-181-SSA1-1998. Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano, Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico. México, D.F., 20 de junio.
23. DOF (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 modificada en el 2000. Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano, Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. México, D.F., 22 de noviembre.
24. DOF (2003). Norma Oficial Mexicana, NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano, Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, procedimientos sanitarios para el muestreo. México, D.F., 1 de agosto.
25. DOF. 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. México, D.F., 22 de noviembre, 2000.
26. DOF. Norma Oficial Mexicana, NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. México, D. F., 21 de septiembre, 1998.
27. Espinosa, A. C., P. Jesudhasan, R. Arredondo, M. C. Cepeda, M. Mazari-Hiriart, K. D. Mena, S. D. Pillai. Sensitivity of Poliovirus Type 1 Chat strain and Rotavirus SA-11 to E-Beam Irradiation On Iceberg Lettuce and Spinach: Quantifying the Reduction in Potential Health Risks. *Applied Environmental Microbiology* (En prensa AEM6927-11R).
28. Fernández, P., "Desinfección con reactores solares: experiencia operativa", Solar Safe Water, 2005.

29. Figueroa, M., C. Troncoso, P. López, P. Rivas and M. Toro (2009). Occurrence and enumeration of *Campylobacter* spp. during the processing of Chilean broilers. *BMC Microbiol.* 9:94
30. Floriana Hernández Martínez, "Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso".2003.
31. Garcia, L.S., T.C. Brewer, and D.A. Bruckner (1987). Fluorescence Detection of *Cryptosporidium* oocysts in Human Fecal Specimens by Using Monoclonal Antibodies. *J. Clin. Microbiol.* 25:119-121.
32. Giani, R. (2002). Remocao de surfactantes no post-tratamento de efluente de reator UASB utilizando filtro biológico percolador. Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
33. Guías de la OMS para la calidad del agua potable (2006). Organización Mundial de la Salud (OMS).
34. Heiman, A. () The Use of Advertising to Encourage Water Conservation: Theory and Empirical Evidence. Heiman, Amir, (2002) The Use of Advertising to Encourage Water Conservation Theory and Empirical Evidence. *Journal of Contemporary Water Research and Education* (121): 79-86 .
35. Herramientas y tecnologías para el ahorro del agua y energía en los organismos operadores. INDAGA. Alliance to Save Energy. . V Seminario Nacional de Agua y Energía Watergy. 2008.
36. Hornik,R. y Yanovitzk, I. (2003) Using Theory to Design Evaluations of Communication Campaigns: The case of the National Youth Anti-Drug Media Campaign Communication Theory 13(2) 204-222
37. Huang, J.A. H.S. Nagesha, D. R. Snodgrass, I. H. Holmes (1992). Molecular and serological analyses of two bovine rotaviruses (B-11 and B-60) causing calf scours in Australia. *J Clin Microbiol.* 30(1):85-92.
38. IDMH (2002). EPANET 2.0 en español, Análisis hidráulico y de calidad en redes de distribución de agua, Manual del usuario. 206 p.
39. ISEM (2007). Manual de procedimientos para la determinación de cloro residual libre en agua para uso y consumo humano en sistemas formales de abastecimiento. 80 p.
40. Jenkins, D.; Vernon, L. (2007). Química del agua. Ed. Limusa; México, D.F. P. 429-442.
41. Johnson, C.; Singer, P. (2004). Impact of a magnetic ion exchange resin on ozone demand and bromated formation during drinking water treatment. *Water Research.* 38(17).
42. JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. (2009). "Manual de tratamientos del agua de consumo humano". 106 p.
43. Karanis, P, I. Sotiriadou, V. Kartashev, C. Kourenti, N. Tsvetkova, K. Stojanova (2006). Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water supplies of Russia and Bulgaria. *Environmental Research* 102:260-271.
44. Kim, H., H. S. Kim, T. S. Shim, M. N., G. H. Bai, Y. G. Park, S. H. Lee, C. Y. Cha, Y. H. Kook, B. J. Kim (2005). PCR restriction fragment length polymorphism analysis (PRA)-algorithm targeting 644 bp Heat Shock Protein 65 (hsp65) gene for differentiation of *Mycobacterium* spp. *J Microbiol Methods.* 62(2):199-209
45. Knobelsdorf, J.; Mujeriego, R. (1997). Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable: Una revisión bibliográfica. *Ingeniería del agua*, 4(2): 11.

46. Kollmuss, J. and Agyeman, J. (2002) Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3): 245-260
47. Kuhlemeier, H. Van Den Bergh, H. Lagerweij, N. (1999). Environmental Knowledge, Attitudes and Behavior in Dutch Secondary Education. *Journal of Environmental Education*, Vol. 30
48. La sectorización como solución. Prohidro. Alliance to Save Energy. . V Seminario Nacional de Agua y Energía Watergy. 2008.
49. Lazcano, C.A. (1996). Fallas y problemas de la desinfección urbana. SEDAPAL. 12 p.
50. Leal, M. "Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones", Solar Safe Water, 2005.
51. León, G.; Moscoso, J. (1995). Usos de aguas residuales potencialidades y limitaciones. CEPIS/OPS.
52. López, M. (2002). Remoción de nitrógeno amoniacal con zeolita tipo clinoptilolita. Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
53. Lothigius, A., A. Janzon, Y. Begum, A. Sjöling, F. Qadri, A. M. Svennerholm and I. Bölin, (2008). Enterotoxigenic *Escherichia coli* is detectable in water samples from an endemic area by real-time PCR. *J Appl Microbiol.* 104:1128–113
54. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. 2007. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable.
55. Manual de Incremento de Eficiencia Física. Hidráulica y Energética en sistemas de Agua Potable. Versión Preliminar. CONAGUA. Septiembre de 2009.
56. Manual para la descripción y evaluación geológica de suelos en campo. Christina Siebe, Reinhold Jahn, Karl Stahr. 2006. Instituto de Geología. UNAM.
57. Marshall, H. M., R. Carter, M. J. Torbey, S. Minion, C. Tolson, H. E. Sidjabat et al. (2011). *Mycobacterium lentiflavum* in drinking water supplies, Australia. *Emerg Infect Dis* [serial on the Internet].
58. Mayer, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*. 16 (2): 217-231.
59. Mazari, M. (2003). Bacteria and disinfection byproducts in water from southern Mexico City. 5 p. 129 p.
60. Mazari-Hiriart, M., Y. López-Vidal, G. Castillo-Rojas, S. Ponce de León and A. Cravioto (2001). Presence of *Helicobacter pylori* and other enteric bacteria in freshwater environments. *Archives of Medical Research*. 32:1-10.
61. Mizukubo, T.; López, M.A.; Takakuwa, T. (2002). Fractioning gray-water in the differentiable onsite-wastewater treatment system. Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
62. Moe, C. L. (2007). Waterborne Transmission of infectious Agents. En *Manual of Environmental Microbiology*. Hurst, C. J, R. L. Crawford, J. L. Garland, D. A. Lipson, A. L. Mills, (Eds.) ASM Press. Washington, D. C. 222-248
63. Mokate, K. (1993) La evaluación económica de los proyectos sociales. *Desarrollo y sociedad* (4):9-25

64. Morrison, P. and Shulte, P (2003) Corporate Water Accounting Pacific Institute Oakland, CA. 60 pp.
65. Nguyen, T. V., P. Le Van, C. Le Huy, K. N. Gia and A. Weintraub (2005). Detection and characterization of diarrheagenic *Escherichia coli* from young children in Hanoi, Vietnam. *J Clin Microbiol.* 43:755-6
66. OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Vol. 1. 408 p.
67. OPS/CEPIS (2005). Procedimiento para la operación y mantenimiento de la red de distribución. 9 p.
68. OPS/CEPIS/PUB (2002). La desinfección del agua. 30 p.
69. OPS-COSUDE (2007). Guía para la instalación de sistemas de desinfección. 33 p.
70. Polaczyk, AL, J. Narayanan ,T. H. Cromeans, D. Hahn, J. M. Roberts, J. E. Amburgey, V. R. Hill (2008). Ultrafiltration-based techniques for rapid and simultaneous concentration of multiple microbe classes from 100-L tap water samples. *J Microbiol Methods* 73(2):92-99.
71. Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 2009.
72. Ranalli, G.; Principi, P.; Sorlini, C. (2000). Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia*, 16: 39–46.
73. RBC and Unilever Canada (2009) Canadian Water Attitudes Study. En: <http://www.rbc.com/newsroom/2010/0317-waterstudy.html>
74. Spellman, F. R.; Drinan, Joanne. (2000). Manual del agua potable. Ed. Acriba, Zaragoza, España. P. 51-55.
75. Telenti, A., F. Marchesi, M. Balz, F. Bally, E. C. Bottger, T. Bodmer (1993). Rapid identification of mycobacteria to the species level by polymerase chain reaction and restriction enzyme analysis and restriction enzyme analysis. *J. Clin. Microbiol.* 31 (2): 175-8.
76. Trumbo, C.W., O'Keefe, G.J. (2004) Reasoned Action in Environmental Communication Research: Demonstration of an augmented model. *Environmental Communication Yearbook*. No. 1: 189-213
77. Ungar, B. L. P., R. H. Yolken, T. E. Nash, T. C. Quinn (1984). Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Detection of *Giardia lamblia* in Fecal Specimens. *J. Inf. Dis.*, 149:90-97.
78. US EPA (2001). Method 1601: Male-specific (F+) and Somatic Coliphage in Water by Two-step. Enrichment Procedure. United States Office of Water Environmental Protection. Washington D.C. 20460. April 2001. EPA 821-R-01-030.
79. Vizioli, L. (2008) Eficacia Publicitaria: Cómo y qué medir. http://www.amai.org/pdfs/revista-amai/revista-amai-articulo-20050428_095244.pdf
80. Water Distribution System Analysis. Field Studies, Modeling and Management. A reference guide for utilities. EPA. 2005.
81. WHO (2003). Nitrate and nitrite in drinking water. WHO/SDE/WSH/04.03/56. 21p
82. www.conagua.gob.mx

83. Xu, P.; Janex, M.; Savoye, P.; Cockx, A.; Lazarova, V. (2002). Wastewater disinfection by ozone: main parameters for process design. Water research. 4.



www.pumagua.unam.mx