

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS



**ESTUDIO ECOLÓGICO SOBRE INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA Y
ARSÉNICO EN LAS AGUAS PARA CONSUMO HUMANO POR
DISTRITOS EN GUANACASTE**



PREPARADO POR:

Dr. Darner A. Mora Alvarado

Licda. Nicole Villegas González

Dr. Horacio Chamizo García

SEPTIEMBRE, 2014



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

ESTUDIO ECOLÓGICO SOBRE INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA Y ARSÉNICO EN LAS AGUAS PARA CONSUMO HUMANO POR DISTRITOS EN GUANACASTE

**Dr. Darner Mora Alvarado/Director Laboratorio Nacional de Aguas-AyA*

***Licda. Nicole Villegas González/ Funcionaria Laboratorio Nacional de Aguas-AyA*

****Dr. Horacio Chamizo García/Catedrático Escuela de Tecnologías de Salud-UCR*

RESUMEN

Objetivo: analizar la asociación entre el consumo de agua contaminada con Arsénico-total (As-total), superior a 10 $\mu\text{g/L}$, y el Índice de Morbilidad Estandarizado (IME) de Insuficiencia Renal Crónica (IRC) en los 59 distritos de la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

Metodología: se realizaron al menos 1.600 muestreos y análisis de As-total en las aguas de 421 acueductos, y se calculó el promedio ponderado, según población, en cada uno de los 59 distritos. Posteriormente, se establecieron los IME utilizando los egresos hospitalarios de personas con esta patología, para el periodo 2012. Con las mencionadas variables se diseñó un estudio ecológico con características descriptivas y analítico-retrospectivas, aplicando la correlación lineal al 95% de confianza, entre los promedios ponderados de As-total ($\mu\text{g/L}$) y los IME para los 59 distritos. Por otro lado, se realizó un análisis de tendencia con intervalos de exposición y los IME por cada zona. Además, se elaboró un análisis descriptivo entre los 17 distritos con IME con significancia estadística, y los promedios ponderados por población expuesta a As-total.

Resultados: los datos de As-total indican que de los 421 acueductos estudiados, solamente 17 (4,00%) presentaron concentraciones superiores a 10 $\mu\text{g/L}$, los cuales se localizan en los distritos de Cañas, Bebedero, Bagaces y La Cruz. Los resultados del IME de IRC indican que de los 59 distritos 33 (55,9%) tenían IME mayor a “1”, es decir, el riesgo de enfermar por IRC era mayor al promedio nacional en el periodo de estudio. Los análisis estadísticos indican una correlación simple o “r” de “0,41”, calificando la asociación entre ambas variables como “media” en el rango de 0,33 y 0,66. El análisis de tendencias, según los intervalos o zonas de exposición a As-total, indica un comportamiento irregular en los intervalos 4 y 5, en donde la categoría de “mediana exposición”, resultado del promedio ponderado de 11 a 20, presenta un IME de IRC más alto que el intervalo “alta exposición”, o mayor a 20 $\mu\text{g/L}$ de As-total. En el análisis descriptivo de los 17 distritos con IME, con significancia estadística, se observan varios distritos con promedios ponderados por población de As-total inferior a 3 $\mu\text{g/L}$, pero con IME de IRC muy altos, como Nosara, Nacascolo, Diría, Sámara, Palmira y Filadelfia.

Conclusiones: aunque en el análisis de tendencias se observó un incremento del riesgo de enfermar conforme aumenta la exposición hasta el cuarto nivel, la comparación individual de los promedios ponderados por población de As-total y los IME de IRC, de los 17 distritos, demuestran que existen distritos que no estuvieron expuestos de As-total y presentan un IME de IRC alto, como Mansión, Sámara, Hojancha y Palmira. Además, se presenta la misma situación en los distritos con muy baja exposición, como los casos de Liberia, Nicoya, Nacascolo, Nosara, San Antonio, Santa Cruz, Veintisiete de Abril y Diría. Esto sugiere que el agua contaminada con As-total, en los distritos de Guanacaste, probablemente no es un factor de riesgo común en las zonas afectadas por la epidemia de IRC.

Recomendaciones: se debe continuar con otros estudios de tipo transversal o casos y controles, sin descartar ninguna hipótesis sobre factores de riesgo comunes en los distritos afectados con IRC, incluyendo la exposición a plaguicidas, altas temperaturas, metales pesados (incluido el As-total en aguas), agroquímicos, trabajos agrícolas, entre otros.

ESTUDIO ECOLÓGICO SOBRE INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA Y ARSÉNICO EN LAS AGUAS PARA CONSUMO HUMANO POR DISTRITOS EN GUANACASTE

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2002 la “National Kidney Foundation” de los Estados Unidos de América (EUA), definió la Insuficiencia Renal Crónica (IRC) como la “presencia de daño renal con una duración igual o mayor a tres meses, caracterizada por anormalidades estructurales o funcionales con o sin descenso de las tasas de filtración glomerular a menos de 60 mL/min/1,73 m²...”⁽¹⁾. La IRC es un proceso fisiopatológico multifactorial, de carácter progresivo e irreversible; frecuentemente lleva al paciente a un estado terminal, por lo que requiere de terapia de remplazo, diálisis o trasplante de riñón.

La creciente incidencia y prevalencia de esta patología en países desarrollados oscilan entre 13% y 16%, convirtiéndose en un verdadero problema de salud pública a nivel mundial. En los países en vías de desarrollo los datos varían entre 0% y 16%^(2,3 y 4). Las causas o etiologías, de acuerdo con su fisiopatología, se clasifican en vascular, glomerular, túbulo intersticial y obstructiva, en donde se distribuyen al menos 80 agentes causales. Algunos factores involucrados son de iniciación y de susceptibilidad porque aumentan el daño renal, y otros de progresión causantes del empeoramiento o deterioro de los riñones⁽⁵⁾. Los principales agentes etiológicos son la diabetes, hipertensión arterial, glomerulonefritis, enfermedad poliquísticas y cálculos renales⁽⁶⁾. No obstante, en algunos países como Sri-Lanka, Egipto, India, México y en la Costa Pacífica de Centroamérica se ha observado, en las últimas dos décadas, un crecimiento de la prevalencia de IRC, de etiología desconocida y que no cumple con los factores de riesgo tradicionales, como la diabetes o la hipertensión arterial, entre otros^(7, 8, 9 y 10). Por ejemplo, en Nicaragua los estudios de prevalencia varían de 0% a 1%, con una media de 8,7%; la mortalidad en el periodo 1992 a 2005 pasó de 4,5/100.000 hab a 10,9/100.000 hab, en donde los departamentos más afectados en la costa pacífica han sido León y Chinandega, con factores en común como el cultivo de caña, algodón y el uso de al menos 20 tipos de agroquímicos, algunos de los cuales son nefrotóxicos^(11,12). Lo mismo sucede en el Salvador, en donde otro factor de riesgo es la alta temperatura con que laboran los trabajadores agrícolas^(13, 14 y 15). Ante esta epidemia de IRC la Escuela de Salud Pública de Boston (EUA) inició, en el año 2009, investigaciones para determinar las causas de la misma. Iniciaron con 22 estudios en donde se evaluó la exposición a situaciones como el trabajo agrícola (caña de azúcar, algodón, arroz, banano y café), condiciones médicas (incluyendo la deshidratación), infecciones del tracto urinario (chistate), diabetes, hipertensión, uso de antiinflamatorios, consumo de alcohol o lija (ron), tabaquismo e historial familiar de IRC; además, se evaluó también la exposición a sustancias como metales pesados y plaguicidas en aguas y suelos. De estas posibles causas, en forma consistente, se

observaron asociaciones positivas para el trabajo agrícola en ingenios o cultivos de caña de azúcar, exposición a plaguicidas, deshidratación, hipertensión, consumo de “lija” e historia familiar con IRC ⁽¹⁶⁾.

En Costa Rica, también se ha observado un incremento de los casos de IRC. En la provincia de Guanacaste, también ubicada en la costa pacífica, la incidencia ha sido de 112,9/100.000 hab, triplicando el promedio nacional ⁽¹⁷⁾. Aunque las condiciones laborales y el clima son semejantes a zonas de El Salvador, Nicaragua y otros países costeros de Mesoamérica, las fuerzas vivas, algunos políticos y varios medios de comunicación han vinculado directamente la IRC al consumo de agua contaminada con trazas de arsénico total (As-total) superiores a 10 µg/L -establecido en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable como valor máximo admisible- ⁽¹⁸⁾, y en la totalidad de la provincia de Guanacaste. No obstante, los únicos distritos expuestos a concentraciones superiores a ese valor son Bagaces, Cañas, Bebedero y La Cruz ^(19, 20, 21,22).

2. OBJETIVOS

2.1. General

Analizar si existe o no una posible relación entre el consumo de agua contaminada con trazas de As-total, superiores a 10 µg/L, y el Índice de Morbilidad Estandarizada (IME) de IRC en los 59 distritos de los 11 cantones de la provincia de Guanacaste, en el periodo 2003 al 2012.

2.2. Específicos

- Determinar el promedio ponderado por población de As-total (µg/L) en las aguas para consumo humano (ACH), de los 59 distritos de la provincia de Guanacaste.
- Determinar el Índice de Morbilidad Estandarizada (IME) con los egresos hospitalarios de IRC, y ubicarlo espacialmente en un mapa de Costa Rica y de Guanacaste.
- Identificar los distritos con IME de IRC superior a “1,00” o al promedio nacional.
- Correlacionar los IME de IRC con los promedios ponderados de As-total, en cada uno de los 59 distritos, en forma analítica y descriptiva, con el propósito de explorar la relación
- Analizar los IME de IRC y los promedios ponderados por población de As-total en el agua para consumo humano, en los distritos con significancia estadística en Guanacaste.
- Estudiar, en forma descriptiva, los promedios ponderados por población de las concentraciones de As-total, en cada uno de los distritos y los IME de IRC respectivos, con el propósito de cotejar ambos datos.

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo del estudio se desarrollaron 3 etapas. En la primera se realizaron los muestreos y análisis de As-total de los 421 acueductos inventariados, en los 59 distritos de la provincia de

Guanacaste; con los datos de As-total se calcularon los promedios ponderados según población. Los muestreos y los análisis de aguas se ejecutaron en el Laboratorio Nacional de Aguas, siguiendo procedimientos acreditados con la Norma INTE/ISO-IEC 17025:2005, en el periodo comprendido entre setiembre del 2009 y julio del 2014. Los muestreos se realizaron en 43 acueductos operados por el AyA, 2 sistemas municipales y en 376 acueductos comunales, a cargo de ASADAS y/o CAARs.

Las técnicas utilizadas en la cuantificación de las concentraciones de As-total fueron:

- a) Absorción Atómica en Horno de Grafito.
- b) ICP-MASAS.

Ambas técnicas cumplen con las directrices del “Standard Methods for Examination of Water and Waster Water Method, 53 B. 22 edition ⁽²³⁾.

3.1.2. Promedios ponderados de As-total por distrito

Para el cálculo de los promedios ponderados de As-total ($\mu\text{g/L}$), en los acueductos de cada distrito, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\sum \frac{W_i}{W_e} (\bar{X})$$

Donde:

W_i : Población que abastece cada acueducto.

W_e : Población total del distrito con datos de exposición a As-total.

\bar{X} : Promedio aritmético de la concentración de As-total .

En la segunda etapa se calculó el IME de IRC para cada uno de los 459 distritos del país, y posteriormente para los 59 de la provincia de Guanacaste. Dichos IME de IRC se obtuvieron de los egresos hospitalarios por IRC de los hospitales de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

3.2. Índice de Morbilidad Estandarizado por IRC

Los IME de IRC en cada distrito se determinaron, en primera instancia, para los 459 distritos del país

Para el cálculo del IME de IRC, los límites inferior y superior al 95% de confianza, y la mortalidad bruta se realizaron las siguientes etapas:

3.2.1. Egresos hospitalarios por IRC

Los egresos hospitalarios anuales por IRC se obtuvieron de la base de datos, en línea, del Área de Estadística de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) ⁽²⁴⁾, en el periodo comprendido entre los años 2003 y 2012.

3.2.2. Índice de Morbilidad Estandarizado

Con los datos obtenidos de los egresos hospitalarios por IRC se calculó la morbilidad bruta por mil personas, la cual corresponde al cociente del total de casos ocurridos entre el total de la población de cada distrito. Luego, se determinó como indicador de riesgo el IME por grupos de edad quinquenales de IRC, lo cual muestra la probabilidad de enfermar, en cada distrito, controlando la variable de la edad. Para calcular los IME se empleó el método indirecto, el cual ha sido utilizado en investigaciones similares ⁽²⁵⁾, así como por la disponibilidad de la información en las bases de datos disponibles en línea.

Con los registros disponibles se realizó un análisis espacial de los últimos 10 años, el cual abarca el periodo 2003-2012, mediante mapas de la división político-administrativa por distritos del Atlas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, tanto para el país como para la provincia de Guanacaste. ⁽²⁶⁾

3.2.3. Identificación de los distritos de Guanacaste con IME de IRC mayor a “1”

Una vez realizados los cálculos de los IME de IRC, de los 59 distritos guanacastecos, se procedió a identificar los superiores a “1,00“, y entre estos los significativos estadísticamente. El valor de “1,00” se considera el promedio nacional del riesgo de enfermar de IRC, es decir, igual cantidad de casos observados que esperados. Por esta razón, los valores que se encuentran por encima de esa cifra muestran exceso de riesgo, en comparación a lo que ocurrió a nivel nacional; por su parte, los valores inferiores indican protección.

3.3. Análisis estadísticos y descriptivos

Para evaluar los resultados de las concentraciones de As- total, como se indicó anteriormente, se calcularon los promedios ponderados por distritos y estos a su vez se relacionaron mediante 3 metodologías: 2 estadísticas y 1 descriptiva.

3.3.1. Análisis de Exposición por Intervalos de As-total y promedios de IME de IRC

En la tercera etapa, la cual a su vez se dividió en 3 fases, se utilizaron las variables de los promedios ponderados de As-total y los IME de IRC para los distritos, mediante un análisis de correlación lineal al 95% de confianza. Luego, se elaboró un análisis de exposición según los respectivos intervalos de promedios ponderados de As-total e IME de IRC. Los 5 intervalos se definieron de la siguiente forma:

Intervalo 1-No expuesto: el promedio ponderado de As- total en las aguas para consumo humano con resultados no detectado (ND); estos valores fueron definidos con el dato de “1” y no de “0”, debido a que en la cuantificación de análisis químicos no existe el cero.

Intervalo 2-Muy baja exposición: el promedio ponderado por población de As- total en los distritos que presentaron valores > 1 a $3 \mu\text{g/L}$.

Intervalo 3-Baja exposición: el promedio ponderado por población de As- total de los distritos con resultados entre >3 a $10 \mu\text{g/L}$.

Intervalo 4-Mediana exposición: el promedio ponderado por población de As- total de los distritos con resultados entre >10 a $20 \mu\text{g/L}$.

Intervalo 5-Alta exposición: El promedio ponderado por población de As- total de los distritos con resultados $>20 \mu\text{g/L}$.

Para cada intervalo se calculó el IME de IRC según la zona correspondiente, y los resultados se graficaron para analizar la tendencia de los datos.

3.3.2. Análisis descriptivo de los promedios ponderados por población de As- total y los IME de IRC en cada distrito

Por último, fundamentados en el principio epidemiológico “...de que en zonas afectadas por una enfermedad de origen desconocido, se deben buscar factores de riesgo comunes para definir la causalidad de la misma...”, se graficaron los promedios ponderados por población de As-total y el IME de IRC en los distritos con significancia estadística, al 95% de confianza.

4. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentan en concordancia con los objetivos, separados en 3 etapas. La primera corresponde a la distribución de los análisis de As-total en las aguas para consumo humano, y los promedios ponderados por población de As-total para los distritos de Guanacaste. La segunda corresponde a los IME de IRC, y los intervalos superiores e inferiores a la morbilidad bruta por cada 1000 personas, en conjunto con los promedios ponderados de As-total de la etapa 1. La tercera incluye los análisis estadísticos de correlación lineal al 95% de confianza, la tendencia entre los intervalos de exposición de los promedios ponderados y los IME, además de la descripción mediante un gráfico entre los distritos con IME de IRC con significancia estadística y los promedios de As-total, en el respectivo distrito.

4.1. Distritos de Guanacaste: análisis y promedios por población

4.1.1. Distribución de los datos de análisis de As-total

El total de los 421 acueductos de la provincia de Guanacaste, evaluados en el periodo de setiembre del 2009 al 15 de julio del 2014, se muestran en el cuadro 1 según la siguiente distribución: “ND” (No detectado), “D” (detectable pero no cuantificable), de 3 a $10 \mu\text{g/L}$, mayor de 10 a $20 \mu\text{g/L}$ y mayor a $20 \mu\text{g/L}$ de As-total.

Cuadro 1: Resumen de Análisis de As-total en las Aguas para Consumo Humano por Cantones en Guanacaste

Cuadro 1. Resumen de análisis de arsénico total en agua para consumo humano por cantones en Guanacaste de setiembre del 2009 a julio del 2014							
Nombre del Cantón	Número de distritos	Concentraciones de As-total por Intervalos de Análisis					Total
		ND	D	3-10 µg/L	>10 a 20 µg/L	>20 µg/L	
Liberia	5	118	3	42	0	0	168
Nicoya	7	195	4	10	0	0	209
Santa Cruz	9	200	0	23	0	0	223
Bagaces	4	74	3	85	59	58	279
Carrillo	4	125	6	29	0	0	156
Cañas	5	50	8	95	31	43	227
Abangares	4	63	3	17	0	0	82
Tilarán	7	92	1	10	0	0	103
Nandayure	6	55	0	0	0	0	55
La Cruz	4	26	5	38	3	8	80
Hojancha	4	44	0	0	0	0	44
Total	59	1042	33	349	93	109	1626
PORCENTAJE		64,1	2,0	21,5	5,7	6,7	100

NOTAS: Se consideraron todos los datos y no solamente en los que hubo exposición utilizados para calcular el promedio ponderado por población

No detectado: Límite de detección 1 µg/L

Detectado: De 1 µg/L a 3 µg/L

4.1.2. Promedios Ponderados en las Aguas para Consumo Humano en los distritos de Guanacaste

Los promedios ponderados de As-total, en las aguas para consumo humano de los 59 distritos de Guanacaste, se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Promedios Ponderados de As-total en las Aguas para Consumo Humano en los 59 distritos de Guanacaste

Código y nombre del distrito	Promedios ponderados As-total µg/L	Código y nombre del distrito	Promedio ponderado de As-total µg/L
50101: Liberia	1,59	50401: Bagaces	32,04

50102: Cañas Dulces	1,35	50402: Fortuna	1,21
50103: Mayorga	1,32	50403: Mogote	1,11
50104: Nacascolo	2,31	50404: Río Naranjo	1,00
50105: Curubandé	1,63	50501: Filadelfia	3,15
Código y nombre del distrito	Promedios ponderados As-total µg/L	Código y nombre del distrito	Promedio ponderado de As-total µg/L
50201: Nicoya	2,69	50502: Palmira	2,99
50202: Mansión	1,00	50503: Sardinal	1,08
50203: San Antonio	1,76	50504: Belén	1,00
50204: Quebrada Honda	1,12	50601: Cañas	23,76
50205: Sámará	1,00	50602: Palmira	1,00
50206: Nosara	1,84	50603: San Miguel	1,00
50207: Belén de Nosarita	1,45	50604: Bebedero	15,13
50301: Santa Cruz	1,22	50605: Porozal	1,05
50302: Bolsón	1,00	50701: Juntas	1,46
50303: Veintisiete de abril	1,03	50702: Sierra	1,22
50304: Tempate	1,23	50703: San Juan	1,23
50305: Cartagena	1,65	50704: Colorado	2,30
50306: Cuajiniquil	1,87	50801: Tilarán	1,00
50307: Diría	1,10	50802: Quebrada Grande	1,41
50309: Tamarindo	1,15	50804: Santa Rosa	1,87
50805: Líbano	1,06	51001: La Cruz	3,62
50806: Tierras Morenas	1,06	51002: Santa Cecilia	1,00
50807: Arenal	1,61	51003: La Garita	1,73
50901: Carmona	1,00	51004: Santa Elena	2,00
50902: Santa Rita	1,00	51101: Hojancha	1,00
50903: Zapotal	1,00	51102: Monte Ramo	1,00

50904: San Pablo	1,00	51103: Puerto Carrillo	1,00
50905: Porvenir	1,00	51104: Huacas	1,00
50906: Bejuco	1,00		

FUENTE: Elaborado por los autores.

Nota: Solamente el 5,1% un promedio ponderado por población mayor a 10 µg/L.

4.2. Índice de Morbilidad Estandarizado de IRC

4.2.1. Promedios de As-total e IME de IRC por Distritos

En el cuadro 3 se resumen los datos de los promedios ponderados de As-total en las aguas para consumo e IME de IRC con los límites inferiores y superiores, así como la morbilidad bruta.

Cuadro 3. Guanacaste: Promedios ponderados de As-Total, morbilidad bruta e IME de IRC por distritos					
Nombre de distritos de la provincia de Guanacaste	Promedio ponderado de As-Total µg/L	Índice de Morbilidad Estandarizado por Edad de Insuficiencia Renal	Intervalo de Confianza inferior	Intervalo de Confianza superior	Morbilidad bruta
*Liberia	1,59	2,25	1,70	2,81	1,40
Cañas Dulces	1,35	1,16	0,00	2,76	0,79
Mayorga	1,32	1,19	0,00	3,51	0,75
*Nacascolo	2,31	8,25	2,86	13,64	5,33
Curubandé	1,63	2,92	0,06	5,77	1,85
*Nicoya	2,69	3,63	2,67	4,59	2,66
*Mansión	1,00	3,08	1,26	4,90	2,51
*San Antonio	1,76	3,16	1,70	4,62	2,81
Quebrada Honda	1,12	2,78	0,34	5,22	2,23
*Sámara	1,00	6,88	3,14	10,61	4,53
*Nosara	1,84	12,50	7,79	17,22	8,07
Belén de Nosarita	1,45	0,64	0,00	1,89	0,48
*Santa Cruz	1,22	3,76	2,71	4,80	2,75
Bolsón	1,00	3,17	0,06	6,29	2,51
*Veintisiete de Abril	1,03	3,45	1,57	5,32	2,60
Tempate	1,23	3,01	0,92	5,09	2,15
Cartagena	1,65	2,07	0,26	3,89	1,42
Cuajiniquil	1,87	2,50	0,00	5,97	1,72
*Diriá	1,1	6,14	3,22	9,05	5,21
Cabo Velas	1,00	2,06	0,04	4,09	1,27
Tamarindo	1,15	0,72	0,00	1,73	0,49
*Bagaces	32,04	6,29	4,39	8,20	4,07

Fortuna	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
Mogote	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Río Naranjo	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
*Filadelfia	3,15	5,03	3,02	7,04	3,25
*Palmira	2,99	5,19	2,47	7,90	3,31
Sardinal	1,08	0,93	0,24	1,62	0,58
Belén	1,00	1,41	0,28	2,55	0,97
*Cañas	23,76	5,57	4,24	6,90	3,43
Palmira	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
San Miguel	1,00	1,05	0,00	3,10	0,78
*Bebedero	15,13	10,41	5,31	15,52	6,11
Porozal	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Juntas	1,46	1,15	0,30	2,00	0,79
Sierra	1,22	0,63	0,00	1,88	0,39
San Juan	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Colorado	2,3	0,36	0,00	1,08	0,23
Tilarán	1,00	0,55	0,00	1,18	0,40
Quebrada Grande	1,41	2,35	0,05	4,64	1,53
Tronadora	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Rosa	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00
Líbano	1,06	1,56	0,00	4,61	1,34
Tierras Morenas	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Arenal	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00
Carmona	1,00	0,65	0,00	1,93	0,49
Santa Rita	1,00	0,94	0,00	2,79	0,67
Zapotal	1,00	2,98	0,00	6,34	2,49
San Pablo	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porvenir	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bejuco	1,00	0,57	0,00	1,69	0,40
*La Cruz	3,62	2,61	1,19	4,02	1,60
Santa Cecilia	1,00	1,58	0,20	2,96	0,88
La Garita	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Elena	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
*Hojancha	1,00	4,36	1,89	6,83	3,24
Monte Romo	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puerto Carrillo	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Huacas	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: Elaborado por los autores.

Notas. * Distritos con IME de IRC con significancia estadística al 95% de confianza.

4.2.2. Distritos con IME de IRC superior a “1”

En el mismo cuadro 3 se observan los 33 distritos (55,9%) con IME de IRC superior a “1” o al promedio nacional, lo cual significa mayor riesgo de enfermar por dicho padecimiento.

4.2.3. Mapas de IME de IRC por intervalos en Costa Rica y Guanacaste

En las figuras 1 y 2, se muestran los IME de IRC de los 459 distritos de Costa Rica y los 59 distritos de Guanacaste, respectivamente.

Los mapas exploratorios tienen una escala ordinal que se hace corresponder con una escala de colores; se interpretan considerando el color más fuerte como las áreas con mayor probabilidad de enfermar en comparación con lo ocurrido a nivel nacional. Tal es el caso de los últimos dos intervalos, los cuales indican un exceso de riesgo. Por su parte, los colores más claros indican las áreas con menores probabilidades de enfermar, los primeros dos intervalos corresponden a las áreas que se protegen del riesgo.

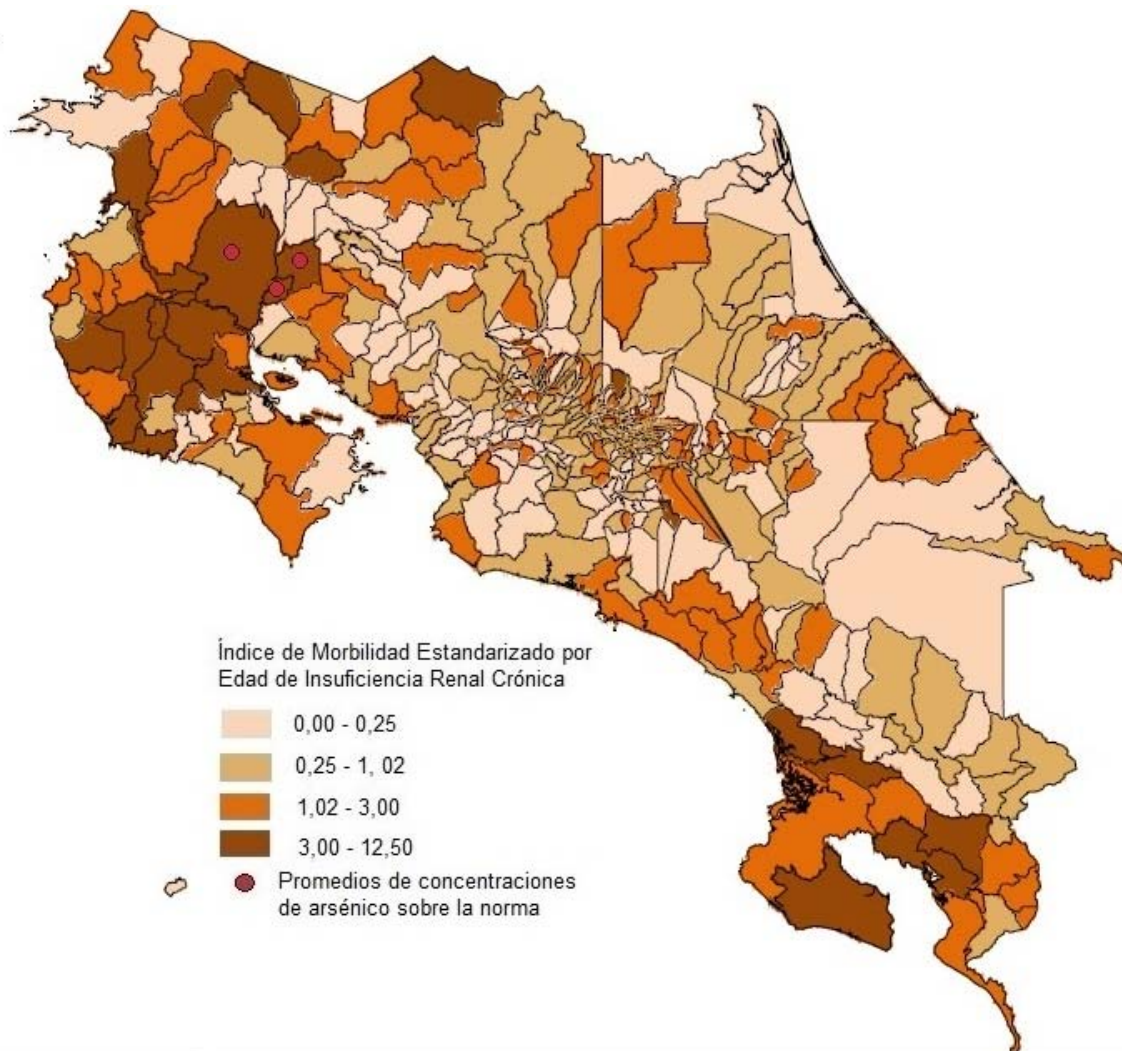


Figura 1. Índice de Morbilidad Estandarizado por Edad de Insuficiencia Renal Crónica del 2003 al 2012 y promedios de concentraciones de arsénico sobre la norma.

En la figura 1 se observan patrones espaciales definidos en el rango de mayor probabilidad de enfermar, tanto al noroeste del país como en la zona sur y algunos distritos del centro, además de varios de Guanacaste, los cuales se detallan a continuación.

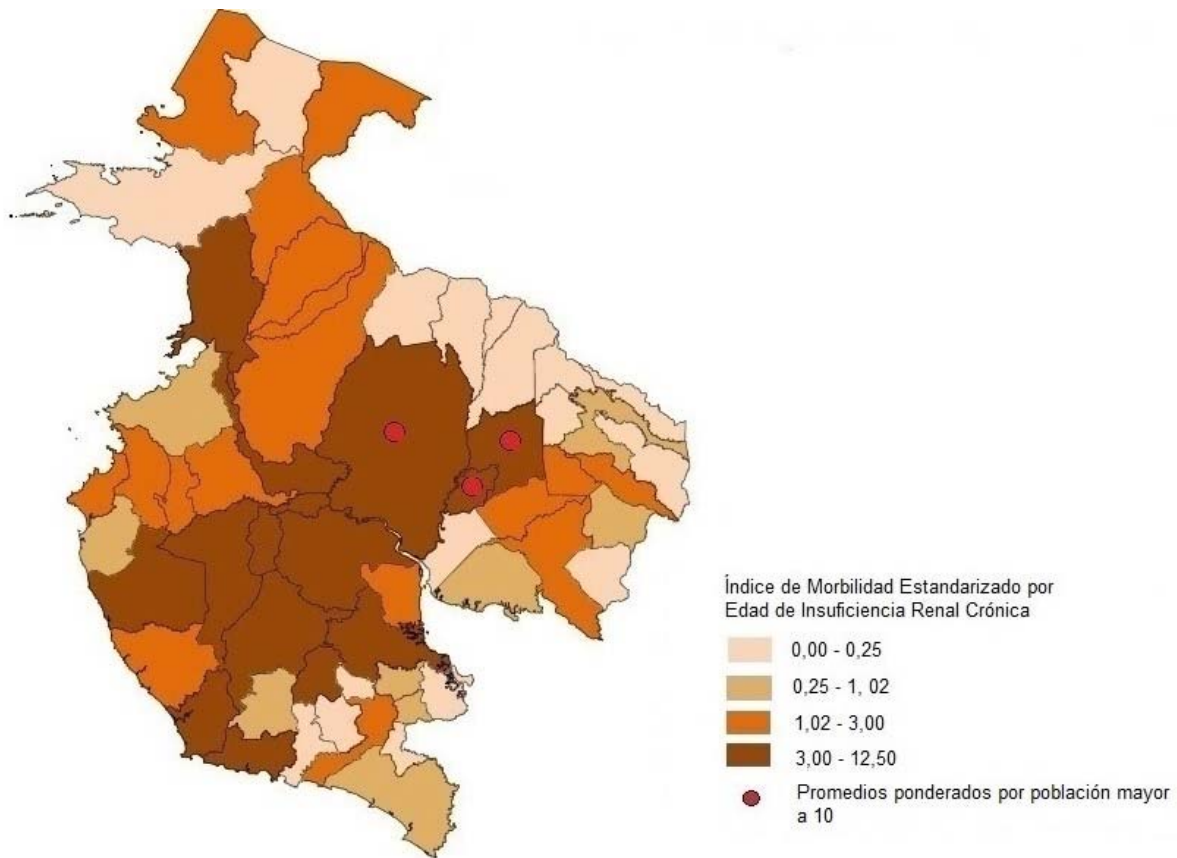


Figura 2. Índice de Morbilidad Estandarizado por Edad de Insuficiencia Renal Crónica del 2003 al 2012 en Guanacaste y promedios ponderados por población mayor a 10.

En la figura 2 se observa que la mayor parte de los distritos se ubican en los rangos con exceso de riesgo de enfermar, al igual que los distritos cuyos promedios ponderados por población fueron superiores a 10. Por otra parte, se pueden apreciar otras áreas que se protegen respecto a lo ocurrido a nivel nacional en el periodo del 2003 al 2012.

4.3. Análisis Estadísticos

4.3.1. Correlación lineal

El resultado de la correlación lineal al 95% de confianza, entre los pares de promedios ponderados de As-total y los IME de IRC, indica un resultado de 0,41 que refleja asociación media (0,33 a 0,66) entre ambas variables.

4.3.2. Clasificación por zonas de Exposición a As-total según promedios ponderados por población e IME de IRC en Guanacaste

4.3.2.1. Criterios de clasificación según promedios ponderados de As-total por población

Los análisis con resultados “No detectado” se les asignó 1, y a los “Detectado” 1,5.

Criterios de clasificación según promedios ponderados de población:

Intervalo 1- No expuesto (20 distritos): Mansión, Sámara, Bolsón, Cabo Velas, Río Naranjo, Belén, Palmira, San Miguel, Tilarán, Carmona, Santa Rita, Zapotal, San Pablo, Porvenir, Bejuco, Santa Cecilia, Hojancha, Monte Romo, Puerto Carrillo y Huacas.

Intervalo 2-Muy baja exposición (34 distritos): Liberia, Cañas Dulces, Mayorga, Nacacolo, Curubandé, Nicoya, San Antonio, Quebrada Honda, Nosara, Belén de Nosarita, Santa Cruz, Veintisiete de Abril, Tempate, Cartagena, Cuajiniquil, Diríá, Tamarindo, Fortuna, Mogote, Palmira, Sardinal, Porozal, Juntas, Sierra, San Juan, Colorado, Quebrada Grande, Tronadora, Santa Rosa, Líbano, Tierras Morenas, Arenal, La Garita y Santa Elena.

Intervalo 3-Baja exposición (2 distritos): Filadelfia y La Cruz.

Intervalo 4-Mediana exposición (1 distrito): Bebedero.

Intervalo 5-Alta exposición (2 distritos): Bagaces y Cañas.

4.3.2.2. Exposición a As-total promedio e IME de IRC

En la figura 3 se observa el Índice de Morbilidad Estandarizado, por edad, de cada zona. El caso de la mediana exposición es Bebedero.

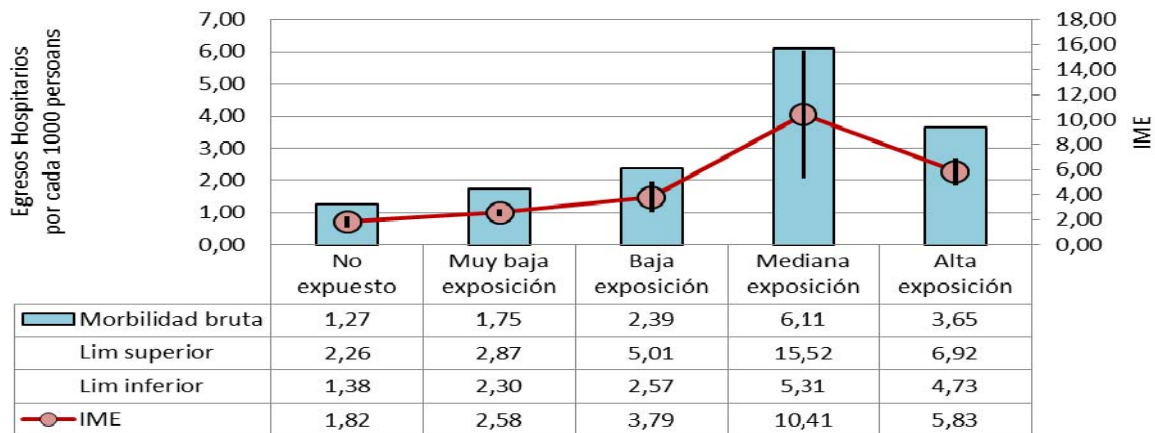


Figura 3. Morbilidad de Insuficiencia Renal Crónica por zonas de exposición a arsénico en Guanacaste por distritos del 2003 al 2012

En la figura 3 se observa una tendencia de aumento del riesgo de enfermar según se incrementa la exposición a arsénico hasta los primeros cuatro intervalos, aunque no se puede verificar completamente porque el riesgo en la categoría de alta exposición disminuye. Cabe destacar que todas las medidas de asociación tienen alta precisión y son significativas estadísticamente, lo cual se observa a través de los intervalos de confianza.

4.3.3. Análisis descriptivo: As-total (promedio ponderado) e IME de IRC para cada distrito

De los 59 distritos de Guanacaste se seleccionaron los 17 que tenían IME de IRC superior a 1 y con significancia estadística, y se compararon con los IME de IRC respectivos. Dichos resultados se observan en la siguiente figura 4.

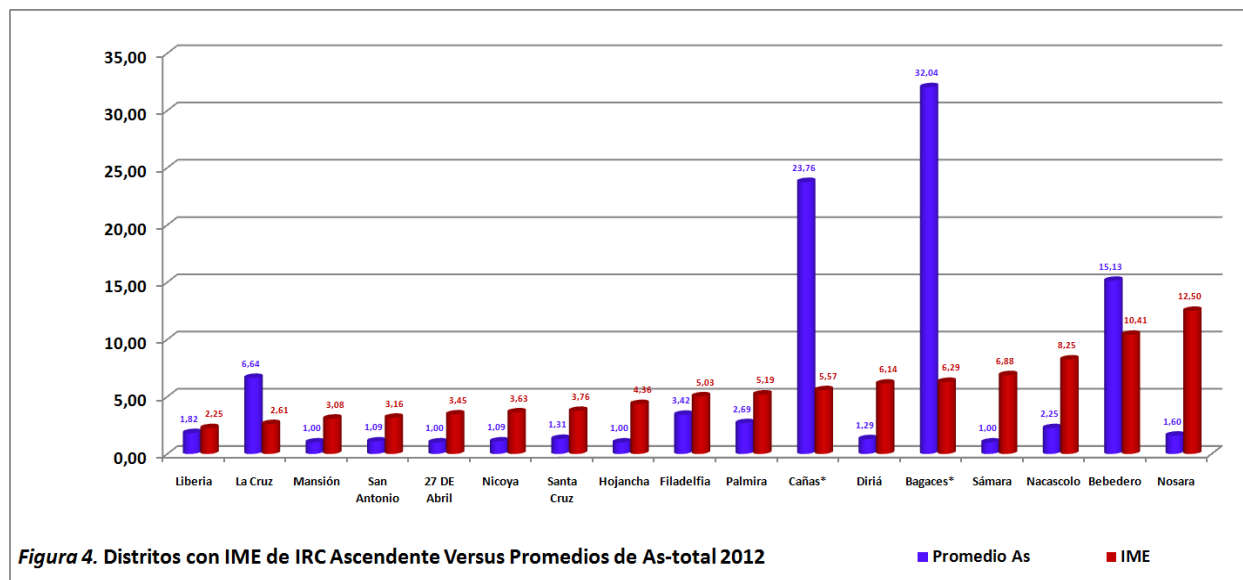


Figura 4. Distritos con IME de IRC Ascendente Versus Promedios de As-total 2012

FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Distritos de Guanacaste, análisis de As-total en aguas y promedios ponderados por distritos

5.1.1. Análisis de la Distribución de los exámenes de As-total

De los resultados de As-total en los 421 acueductos, distribuidos en los 59 distritos, el 87,5% presentaron resultados inferiores a 10 µg/L. De estos, el 64% dieron concentraciones “ND”, 2,0% resultados “D” y un 21,44% datos en el intervalo mayor que 3 a 10 µg/L.

El 12,5% de los resultados mayores a 10 µg/L se encontraron en los distritos de Bagaces, Cañas, Bebedero de Cañas y La Cruz. En el caso de Cañas y Bagaces, los datos utilizados fueron antes de las soluciones establecidas por el AyA en los acueductos de Cañas, Bagaces y La Cruz.

5.1.2. Promedios ponderados de As-total por población

Con el propósito de obtener datos de As-total lo más cercano a la realidad de cada distrito, se aplicó el cálculo de los promedios ponderados por población utilizando la fórmula mencionada en el punto 3.1.2 de la metodología. Los resultados indican que:

- De los 59 distritos, 3 (5,1%) tenían resultados mayor a 10 µg/L en el promedio ponderado por población de As-total; estos fueron Bagaces (32,24 µg/L), Cañas (26,1 µg/L) y Bebedero (15,13 µg/L).
- Dos distritos (3,4%) se ubicaron en el intervalo mayor de 3 a 10 µg/L; estos fueron Filadelfia (3,15 µg/L) y La Cruz (3,62 µg/L).
- 34 distritos (57,6%) se ubicaron en el intervalo de mayor a 1 a 3 µg/L de As-total.
- 20 distritos dieron como promedio ponderado “1”, correspondiente a 33,9%.

5.2. Análisis de los IME de IRC por distritos

Los IME de IRC calculados de los egresos hospitalarios observados entre los esperados por distritos indican que:

- De los 59 distritos 33 (55,9%) tenían resultados superiores a “1” o al promedio nacional, es decir, muestran un exceso de riesgo en comparación con lo que ocurrió en el país en el periodo 2003-2012.
- De los 33 distritos con IME de IRC superior a “1”, un total de 17 (51,5%) presentan IME significativos estadísticamente.

Por otro lado, el mapa de Costa Rica de los IME de IRC permite observar conglomerados de IRC en la provincia de Guanacaste. Se aprecia que la epidemia de IRC, de origen desconocido, aborda principalmente en 17 distritos incluidos Mansión, Sámará, Hojanca, Veintisiete de Abril, Diriá, Santa

Cruz, Liberia, San Antonio, Nosara, Nacascolo, Nicoya, Palmira, Filadelfia, La Cruz, Bebedero, Cañas y Bagaces.

5.3. Análisis estadísticos y descriptivos

5.3.1. Correlación lineal

El análisis de correlación lineal a 95% de confianza, entre los datos de As-total y los IME de IRC en los 59 distritos de Guanacaste, indican un valor de 0,41, resultado que demuestra una asociación media para el rango de referencia “r” de 0,33 a 0,66 entre ambas variables.

5.3.2. Clasificación por zonas de Exposición a As-total

En la figura 3 no se observa una tendencia concordante, que indique que a mayor promedio de As-total mayor es el incremento de IME de IRC en el intervalo de mediana y alta exposición.

5.3.3. Promedio de As-total e IME de IRC por distrito

En la figura 4, sobre los promedios ponderados por población de As-total ($\mu\text{g/L}$) y los IME de IRC para cada uno de los 17 distritos con significancia estadística, se observa que:

- Bagaces, Cañas y Bebedero tienen como IME de IRC de 6,28; 5,57, y 10,41 respectivamente, así como un promedio ponderado por población de 32,24 $\mu\text{g/L}$, 25,1 $\mu\text{g/L}$ y 15,13 $\mu\text{g/L}$.
- La comparación individual de los 17 distritos de los promedios ponderados de As-total y los IME de IRC, demuestran que existen distritos que no estuvieron expuestos de As-total y presentan IME de IRC altos como Mansión, Sámara, Hojanca y Palmira. Además, se presenta la misma situación en los distritos con muy baja exposición como: Liberia, Nicoya, Nacascolo, Nosara, San Antonio, Santa Cruz, Veintisiete de Abril y Diríá. Esto sugiere que el agua contaminada con As-total, en los distritos de Guanacaste, no es el factor de riesgo inicial de la epidemia de IRC.

5.4. Conclusiones y Recomendaciones

El análisis de los resultados permite realizar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.4.1. Conclusiones

La distribución de los exámenes de As-total en las aguas para consumo humano suplidos por acueductos demuestran que los distritos expuestos a As-total mayor a 10 $\mu\text{g/L}$ (5,1%). Es decir el resto de los 56 distritos (94,9%) tienen valores inferiores a 10 $\mu\text{g/L}$, el cual es el valor permitido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Las 3 fases correspondientes al análisis estadísticos de correlación lineal al 95% de confianza con un “r” de 0,41, el análisis de tendencias de exposición de As-total e IME de IRC, y el estudio descriptivo de los promedios ponderados de As-total y los IME de IRC, en los 17 distritos con significancia estadística, permiten concluir que:

- No se observa una correlación lineal fuerte sino media entre ambas variables de As-total e IME de IRC, de los 59 distritos de Guanacaste.
- Aunque se observa una cierta tendencia a la exposición de As-total, del primer al cuarto intervalo, no se verifica concordancia entre los intervalos 4 (mediana exposición) y el 5 (alta exposición) con los IME de IRC en las respectivas zonas, es decir, es mayor el IME de IRC entre 11 a 20 µg/L, que en el de mayor a 20 µg/L.
- La comparación individual de los 17 distritos de los promedios ponderados de As-total y los IME de IRC, demuestran que existen distritos que no estuvieron expuestos de As-total, pero con IME de IRC altos como Mansión, Sámara, Hojancha y Palmira. Además, se presenta la misma situación en los distritos con muy baja exposición como Liberia, Nicoya, Nacascolo, Nosara, San Antonio, Santa Cruz, Veintisiete de Abril y Diríá. Esto sugiere que el agua contaminada con As-total en los distritos de Guanacaste, probablemente no es un factor de riesgo común en las zonas afectadas por la epidemia de IRC.

5.4.2. Recomendaciones

Con el propósito de detectar las verdaderas causas de la IRC en Guanacaste y otras comunidades ubicadas en la costa pacífica de Mesoamérica, es fundamental elaborar otros estudios individualizados sin descartar la hipótesis de asociación entre IRC y la contaminación por agua con As-total y plaguicidas; además, se debe aplicar el principio epidemiológico de buscar factores de riesgo comunes en las diferentes zonas afectadas, como el tipo de trabajo, la exposición a altas temperaturas en la jornada laboral, litiasis renal y uso de antiinflamatorios, entre otros.

Por último, es necesario aplicar las acciones urgentes para atender esta epidemia de IRC de origen desconocido, en el marco de la Declaración de San Salvador de la Comisión de Ministerios de Salud de Centroamérica y República Dominicana (COMISCA) y el 52º Consejo Directivo 65ª Sesión del Comité Regional (OMS/OPS) del 4 de septiembre del 2013 ⁽²⁷⁾.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. National Kidney Foundation. K/DOO1. **Chinical Practice Guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification**-Am J Kidney Dis; 2002; 39 (suppl 1): S 1-5266.
2. A.K. Soyibo, L.Roberts, EN Barton. **La enfermedad Renal Crónica en el Caribe**. West Indian Med j. **2011**; 60 (4): 464.
3. M. Cavo et al. **Evaluación de la comparación corporal en pacientes con Insuficiencia Renal Crónica**. Nutr.blosp. 2010; 25(4): 682-687.
4. Flores Juan Carlos. **Enfermedad Renal Crónica: Epidemiología y Factores de Riesgo**. Rev. Med. Clin. Condes; 2010; 2 (4); 502 -507.

5. Daniel Brooks, DSC; **Informe Final de Estudio de Alcance: Epidemiología de Enfermedad Renal en Nicaragua**. Informe Independiente Preparado por la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Boston; 2009.
6. Ministerio de Salud de Chile. Guía Clínica. **Prevención de Enfermedad Renal Crónica**. Santiago MINSAL; 2010.
7. Kamani Wanigasuriya, MBBS. MD. Mphil FRCP KCCP, **Update on Uncertain Etiology of Chronic Kidney Disease in Sribanka North-Central Dry Zone**. Medicc Review, Vol 16, N°2. Review Article, April 2014,
8. Saraj Jayasinglee MBBS MD FRCP **Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology Should Be Renamed Chronic Agrochemical Nephropathy** MEDICC. Review, Vol 16, N° 2, Perspective, April 2014.
9. Xavier F. et al. **Chronic Kidney Disease and Associated Risk Factors in two Salvadoran Farming Communities**, 2012. MEDICC Review, Vol.16, N°2, April 2014.
10. Laura López MD MS y colaboradores. **Histopathology of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology in Salvadoran Agricultural Commuties**. MEDICC Review, Vol. 16, N°2, April 2014.
11. Ariana Ramírez Rubio, Madeleine Kangsen Scammell. **Enfermedad Renal Crónica en Nicaragua. Análisis Cualitativo de Entrevistas Semiestructurales con Médicos y Farmacéuticos**. Universidad de Boston; 2011.
12. Callejas Callejas, Li Medrano Alonso, C.D; Mendoza, **Insuficiencia Renal Crónica (IRC) en trabajadores de caña de azúcar. El Viejo, Chinandega, Nicaragua, Managua: Centro para el Control y Prevenciones de Enfermedad (CDC) de los Estados Unidos**. Ministerio de Salud (MINSAL Nicaragua); 2003.
13. Raúl Herrera et al. **Clinical Characteristics of Chronic Kidney Disease of Nontraditional Causes in Salvadoran Farming Communities** MEDICC Review, Vol 16, N°2, April 2014.
14. María Isabel Rodríguez MD. **Chronic Kidney Disease in Our Farming Communities Implications of an Epidemic**. MEDICC Review, Vol 16, N°2, April 2014.
15. Miguel Almaguer, Raúl Herrera, Carlos M. Orontes. **Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology in Agricultural Communities**. MEDICC Review, Vol 16, N°2, April 2014.
16. Cuadra SN, Jakobsson K, Wessling C. **Chronic renal disease in Central America; An assessment of available information**. SALTRA report 2005/6.
17. Cesar Blanco. **Químicos causan insuficiencia renal crónica y muerte en Guanacaste**. San José. Periódico La Prensa Libre. Enfoque; lunes 19 de agosto 2013.
18. Poder Ejecutivo, Costa Rica. **Reglamento para la Calidad del Agua Potable**. San José. Decreto Ejecutivo 32327, Gaceta N°84 del 3 de mayo, 2005.

19. Darner A. Mora. **La problemática del Arsénico. Costa Rica en el Contexto Latinoamericano.** Tres Ríos, La Unión. Laboratorio Nacional de Aguas; 2014.
20. Darner A. Mora. **Agua para Consumo: Comparación de la Contaminación con Arsénico en Argentina, Chile y Centroamérica 2013.** San José. Revista del Colegio de Microbiólogos y Químicos Clínicos de Costa Rica ISSN: 2215-3713; Octubre-Diciembre; 2013.
21. Darner A. Mora, **Informe sobre el estado de la Problemática de Arsénico en Costa Rica,** Tres Ríos, La Unión, Laboratorio Nacional de Aguas, 2011.
22. Grupo de trabajo sobre Arsénico y Comisión Agua Segura. **Informe a la Sala Constitucional: Avance respecto a la Atención de Sistemas de Acueducto referido a la presencia de Arsénico sobre la Norma Nacional.** San José, Ministerio de Salud e Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; noviembre 2013.
23. APHS/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.** 22nd Edition; Washington D.C. 2012.
24. Centro Centroamericano de Población (CCP). Datos en línea e UCR. **Información demográfica.** San José. Universidad de Costa Rica. www.ccc.ac.cr.
25. Benach J. Borrell C; García MD, Chamizo H. **Desigualdades sociales en mortalidad en áreas pequeñas de España** SESPAS. Informe 1998. Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria, Granada; 1998: 141-175.
26. Instituto Tecnológico de Costa Rica. **Atlas Digital Costa Rica 2008.** Cartago, Costa Rica; 2008.
27. OMS/OPS. 52^a Consejo Directivo 65^o Sesión del Comité Regional sobre “**La enfermedad Renal Crónica en Comunidades Agrícolas de Centroamérica**” Washington, DC, EUA de 30 de