

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
(UNA)  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
(FARENA)**



**MANEJO DEL AGUA POTABLE Y AGUAS GRISES EN EL BARRIO EL  
RODEO, MANAGUA**

**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

Presentada por: Br. Francisco Javier García Estrada  
Br. Hugo Antonio López García

Asesores: Ph.D. Martha Orozco. I.  
M.Sc. César Aguirre. J.

Managua, Octubre de 2006

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo General	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Características físicas del agua	4
2.1.1. El sabor y olor	4
2.1.2. La turbidez	4
2.1.3. Conductividad Eléctrica	4
2.2. Características químicas del agua	5
2.2.1. El pH	5
2.2.2. Nitratos	5
2.2.3. Dureza	6
2.2.4. Fósforo	6
2.3. Calidad del Agua	7
2.4. Contaminación del agua	7
2.5. Aguas Residuales	8
2.5.1. Patógenos	8
2.6. Efectos de la contaminación del agua sobre la salud	8
2.6.1. Vectores de enfermedades que se desarrollan en el agua almacenada o estancada	10
2.7. Agua y saneamiento	10
2.8. Reutilización de aguas grises	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Características generales del área de estudio	12
3.1.1. Características biofísicas	12

3.2. Metodología del estudio	13
3.2.1. Entrevista semi-estructurada a hogares	13
3.2.2. Observación de campo	13
3.2.3. Entrevista semi-estructurada a personal del Centro de Salud	13
3.2.4. Muestreo y análisis del agua potable y aguas grises	14
3.2.5. Procesamiento de la información	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Aspectos socio- demográficos	17
4.1.1. Infraestructura y servicios básicos	19
4.1.2. Economía	20
4.2. Manejo del agua para consumo y uso doméstico	21
4.2.1. Abastecimiento de agua para sus diferentes usos en el barrio El Rodeo	21
4.2.2. Manejo del agua para consumo humano y uso doméstico	22
4.3. Calidad del agua para tomar y agua para uso doméstico	22
4.3.1. Calidad físico-química del agua en el mes de octubre del 2004	22
4.3.2. Calidad físico-química del agua en el mes de Noviembre del 2004	25
4.3.3. Calidad microbiológica del agua potable	26
4.4. Manejo de las aguas grises en el barrio El Rodeo	27
4.4.1. Calidad físico-química de las aguas grises	30
4.4.2. Calidad microbiológica de las aguas grises	32
4.5. Factores relacionados con la salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises	34
4.5.1. Factores relacionados con el manejo del agua para beber y uso doméstico	34
4.5.2. <i>Factores relacionados con el manejo de las aguas grises</i>	34
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. BIBLIOGRAFIA	38
VIII. ANEXOS	40

## INDICE DE TABLAS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Parámetros de calidad de agua evaluados con los métodos utilizados	15
2. Resultados de los análisis físico químicos del agua potable en los cuatro puntos de muestreo en el barrio El Rodeo en el mes de Octubre de 2004	23
3. Calidad físico-química del agua potable en el barrio El Rodeo en el mes de Noviembre de 2004	25
4. Número de colonias de coliformes fecales en el agua almacenada, tomada en cuatro puntos de muestreo en el barrio EL Rodeo, Noviembre de 2004	27
5. Calidad físico- química del agua gris en el barrio EL Rodeo, Noviembre de 2004	30
6. Número de colonias coliformes fecales en aguas grises en seis puntos de muestreo en el barrio El Rodeo, Octubre y Noviembre de 2004	33

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Tiempo de habitar en el barrio El Rodeo	17
2. Distribución de la población por grupos de edades	17
3. Edades de los jefes de familia en el barrio El Rodeo	18
4. Características de los materiales de las viviendas del barrio El Rodeo	18
5. Nivel de escolaridad de los jefes de familia en el barrio El Rodeo	19
6. Porcentaje de hombres y mujeres que son jefes de familia en el barrio El Rodeo	19
7. Acceso al servicio de agua potable en los hogares del barrio El Rodeo	21
8. Porcentaje de hogares en el barrio que almacenan agua para tomar	22
9. Porcentaje de hogares en el barrio que almacenan agua para usos domésticos	22
10. Vista panorámica de la evacuación de las aguas grises en el barrio El Rodeo	28
11. Formas de eliminación de las aguas grises en el barrio El Rodeo	28
12. Vista panorámica de la canaleta por donde se evacuan las aguas grises del barrio El Rodeo	29
13. Vista panorámica de la confluencia de aguas grises del Aeropuerto Internacional de Managua y su posterior curso por el curso del cause natural que atraviesa parte de El Rodeo	29

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por darme la fortaleza necesaria para superar todas las dificultades que se me presentaron y así poder cumplir esta meta.

A mis padres Maria Bemilda Palacios y Víctor de Jesús García por todo su apoyo.

***Francisco Javier García Estrada.***

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios por darme vida, ánimo y fortaleza ante los diferentes problemas que se presentaron en la realización de este trabajo y poder culminarlo con éxito.

A mi madre Estrella García, por confiar en mí y brindarme todo su apoyo en el trayecto de ser un profesional.

***Hugo Antonio López García.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa Lesly Castellón por el apoyo incondicional que me ha dado en la coronación de esta meta tan importante.

A mis hermanos Víctor, Marlon y Marlene García Estrada por los sacrificios que han hecho para la realización de este sueño.

A los profesores de las diferentes asignaturas que contribuyeron a nuestra formación profesional.

A nuestros tutores Ph.D. Martha Orozco Izaguirre y el Ing. M.Sc. César Aguirre Jiménez por el apoyo y dedicación en este trabajo de diploma.

### ***Br. Francisco Javier García Estrada***

A mi hermano el Ing. Roberto López por brindarme su valioso apoyo en el trayecto de mis estudios y realización de esta tesis.

A mi prima Lic. Arlen Altamirano que me apoyo a la realización de este trabajo.

A mi Prima Ing. Anielka Raquel Cardoza García que colaboró en la realización de la Tesis.

A los profesores de las diferentes asignaturas que contribuyeron a nuestra formación profesional.

En especial a nuestros tutores Ph.D. Martha Orozco Izaguirre y el Ing. M.Sc. Cesar Aguirre Jiménez por el apoyo y especial dedicación en la realización de esta tesis.

### ***Br. Hugo Antonio López García***

## RESUMEN

Nuestro país cuenta con un alto potencial en recursos naturales, uno de ellos es el recurso agua. Sin embargo, un alto porcentaje de la población no tiene acceso a este vital líquido debido a factores de orden estructural y socioeconómico; además, en diferentes regiones de nuestro país la calidad del agua se ve afectada por malos hábitos de manejo del agua para consumo humano y otros usos domésticos. Se considera que los hábitos inadecuados de higiene contribuyen de manera significativa a la contaminación del agua, lo cual está relacionado con las condiciones económicas y el bajo nivel educativo que existe en muchos hogares nicaragüenses.

El objeto de este estudio es conocer el uso y manejo del agua para consumo humano y el agua residual en el barrio El Rodeo, con el fin de generar información que brinde elementos para elevar el nivel educativo en salud de sus habitantes. Para la realización de este trabajo se recopiló información mediante entrevistas semi-estructuradas a una muestra del 25% de los hogares del barrio, se hicieron mediciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de grifos, almacenada en diferentes recipientes, así como para las aguas grises. Durante dos meses se monitorearon algunos parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua y manejo intradomiciliar, que los pobladores dan al agua potable y aguas grises. El análisis de los parámetros fue cualitativo (Cintas HACH y PATHOSSCREEN), y cuantitativo: espectrofotómetro nitratos y fosfatos; coliformes totales y fecales (filtración por membrana). Cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), aniones ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), pH y conductividad eléctrica (en laboratorio).

Los resultados indican que el agua potable es apta para consumo humano. El manejo del agua en el hogar refleja que hay contaminación de heces fecales, la cual se hace mayor en las aguas grises; también aumentan el contenido de sales, nitratos y fosfatos. Las aguas domésticas contribuyen más a esta contaminación, por el alto contenido de materia orgánica, jabón, detergente y microorganismos de origen fecal. Las aguas grises constituyen un factor de alto riesgo para los habitantes que habitan a orillas de los cauces. Se identificaron factores estructurales, socioeconómicos, culturales y educativos, relacionados con la salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises.

## ABSTRACT

Nicaragua has a high potential in natural resources, one of which is water. However, a high percentage of the population does not have access to this vital liquid due to structural and socio-economic factors. Furthermore in different regions of the country the quality of the water is affected by poor management habits of the water for human consumption and other domestic uses. The inadequate hygiene habits contribute in a significant way to the water contamination, which is related to the economic conditions and the low educational levels in many Nicaraguan households.

The object of this study is to understand the use and management of water for human consumption as well as gray waters (soapy waters from washing dishes, clothes, and shower) in the El Rodeo neighborhood in Managua with the goal to generate information that offers insights to raise the educational level of the inhabitants in health. To complete this work, necessary information was gathered through semi-structured interviews of a sample representing 25% of the households. It measured physical, chemical, and microbiological parameters of the tap water, water stored in different recipients, as well as the gray waters. During two months, certain physical-chemical and microbiological parameters were monitored for water quality, including how families managed the tap water and gray waters within their households. This analysis was qualitative (HACH tapes and PATHOSCREEN) and quantitative: spectrophotometer to measure nitrates and phosphates; choliform and fecal (membrane filtration) totals. Cations, anions, PH and electrical conductivity in laboratory.

The results indicate that the tap water is apt for human consumption. The water management in the household reflects fecal contamination, which is greater in the gray waters. Also there was increased salts, nitrates, and phosphates. The domestic waters contribute more to this contamination because of the high content of organic material, soap, detergent and micro-organisms from fecal origin. The gray waters constitute a high risk factor for the inhabitants that live on the edge of the drainage ditches. This study identified structural, socio-economic, cultural, educational factors related to the healthiness of the potable and gray waters.

## I. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del acelerado crecimiento poblacional en Nicaragua, la demanda de agua para sus diferentes usos ha incrementado en los últimos años; además, los niveles de pobreza han tenido un aumento considerable, lo cual ha facilitado las condiciones para una mayor contaminación y disminución de la calidad del vital líquido. A excepción de las fuentes utilizadas para el abastecimiento de agua a la población en los centros urbanos, de forma general, la calidad del agua en las diferentes fuentes existentes en el país, tanto subterráneas como superficiales, es un aspecto que tradicionalmente ha sido relegado a un segundo orden de importancia, tanto para las instituciones de gobierno como para los usuarios y la sociedad en general (MARENA, 2003).

Por otro lado, solamente el 22% de la población de Nicaragua tiene acceso a las alcantarillas, pero la mayor parte de éstas están concentradas en las grandes ciudades o las más importantes del país. Además del enorme déficit de este servicio básico, existen serios problemas en cuanto al manejo de las aguas residuales. En el caso de Managua, el drenaje de las aguas residuales va dirigido hacia el Lago Xolotlán; se estima que se vierten alrededor de 1.8 m<sup>3</sup>/s de aguas negras (Cruz, 2003).

Las aguas grises son aquellas que salen por los desagües de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras, y que, con un tratamiento sencillo, pueden ser reutilizadas. El uso más común es en las cisternas de los inodoros, que no requieren aguas de gran calidad, aunque también se emplean para el riego de zonas verdes o en la limpieza de exteriores. (Rodríguez, 2003)

Asano y Levine (1998), indican que la carga contaminante de los residuos de origen doméstico, esta representada por altos contenidos de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbi-mortalidad en la población.

El barrio El Rodeo es un asentamiento humano que se ha ido formando desde hace más de 40 años, por personas en su mayoría provenientes del campo. Este barrio tiene acceso al servicio de agua potable, pero carece de alcantarillado sanitario, razón por la cual la población bota el agua gris en las calles del mismo, y parte de éstas van a drenar a un canal que desemboca en el cauce ubicado en el barrio Sebastián Segura, el cual drena hacia el Lago Xolotlán.

La falta de higiene es visible, ya que se observan charcas, niños sucios, desnudos y descalzos en las calles; sin embargo, se carece de información acerca de los factores que inciden en el uso y manejo del agua potable y las aguas grises en este barrio. De acuerdo a la problemática planteada, es necesario realizar estudios acerca de la forma en que se maneja el agua potable y las aguas grises, así como los factores que inciden influyen en este manejo, con el fin de generar información que brinde elementos que contribuyan a mejorar las condiciones de higiene y salubridad en el manejo del agua en este barrio.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Conocer el uso y manejo del agua potable y las aguas grises en el barrio El Rodeo, con el fin de generar información que brinde elementos que contribuyan a mejorar las condiciones de higiene y salubridad en el manejo del agua en este barrio.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- a. Describir el manejo del agua potable y las aguas grises en el barrio El Rodeo.
- b. Realizar análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, para conocer su calidad para los usos que se les esta dando actualmente.
- c. Identificar aspectos culturales relacionados con el uso y manejo del agua potable y aguas grises, como base para nuevas investigaciones y acciones de los actores involucrados en este tema.
- d. Promover la motivación y sensibilización en los pobladores del barrio El Rodeo sobre aspectos de salubridad e higiene en el uso del agua.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Características físicas del agua

Según Campos (2000), los parámetros físicos son aquellos que responden a los sentidos del tacto olor y sabor. Los más utilizados son sólidos suspendidos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

En el abastecimiento público del agua potable se tiene especial cuidado con el sabor, color, olor y turbidez del agua, en parte por que dan mal sabor al agua potable, pero también debido a su uso en la elaboración de bebidas, en procesamiento de alimentos y en la fabricación de textiles. El sabor y olor se debe a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de estas características se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlo a un nivel apenas detectable por observación humana (Glynn *et al.*, 1999).

#### 2.1.1. El sabor y olor

Según Campos (2000), sabor y olor son dos parámetros del agua relacionados entre sí; sus fuentes son los minerales, metales, sales del suelo, productos finales de reacciones biológicas y aguas residuales domésticas o industriales.

PRASNIC (2002), señalan que el agua potable debe estar exenta de olores, los cuales normalmente son impartidos por compuestos orgánicos volátiles y varios minerales. El agua de buena calidad no debe tener sabor alguno.

#### 2.1.2. La turbidez

La turbidez o sea la no transparencia del agua, esta relacionada a la presencia de sustancias orgánicas o inorgánicas en suspensión (PRASNIC, 2002). Además es objetable desde el punto de vista estético y causa preocupación en cuanto a la salud, ya que las partículas en suspensión pueden albergar agentes patógenos (Glynn *et al.*, 1999).

#### 2.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad del agua está relacionada con el contenido de sales, ya que estas se fragmentan en iones, que son partículas cargadas y están estrechamente relacionados con la resistencia eléctrica del agua (PRASNIC, 2002). Brugnoli (1999), la define como la capacidad que tiene el agua de conducir electricidad; se expresa en  $\mu\text{s/cm}$  y está relacionada con la concentración de sólidos totales e iones

que presenta el cuerpo de agua. En cuerpos de agua dulce su valor es de 10 a 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y en aguas contaminadas excede los 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Se determina mediante un conductivímetro.

## **2.2. Características químicas del agua**

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial, y pueden ser benéficos o dañinos de acuerdo con su composición. Por ejemplo, las cantidades pequeñas de hierro y manganeso no sólo causan color, también se oxidan para formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso en tuberías maestras de agua y equipos industriales; estos depósitos reducen la capacidad de los tubos y su extracción es costosa (Glynn *et al.*, 1999).

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua; por lo que no son tan fáciles de determinar como los parámetros físicos. Para su determinación se requiere de un laboratorio que realice pruebas específicas. Los parámetros químicos más importantes para determinar la calidad del agua son: sólidos disueltos, alcalinidad, dureza, metales, sustancias orgánicas y nutrientes (Campos, 2000).

### **2.2.1. pH**

El pH es una medida de la concentración de los iones de hidrógeno en un medio, que está directamente relacionado con su carácter ácido, neutro o básico (PRASNIC, 2002). El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina; el valor máximo aceptado es de 9 (Normas CAPRE, 1994).

El pH del agua puede afectar a los métodos de tratamiento y al equipo metálico expuesto con el agua residual. Si no se encuentra en un intervalo de 6.5 y 8.5, el tratamiento biológico no será posible, además que se generan problemas de corrosión. Las aguas de pH menor de 6.5 son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. La alcalinidad natural del agua residual en muchos casos actuará como amortiguador suficiente para conservar un pH neutro (7), necesario para la actividad biológica.

### **2.2.2. Nitratos**

Según PRASNIC (2002), los nitratos pueden provenir de descargas domésticas o ser de origen animal, según la transformación. Pueden también derivarse del escurrimiento de agua de lluvia en terrenos tratados con fertilizantes a base de nitrato de amonio. La presencia de nitritos puede derivar de la

oxidación del amoníaco o de descargas industriales. Normalmente es difícil encontrar nitritos en aguas profundas.

Una elevada cantidad de nitratos en el agua potable puede causar meta hemoglobina infantil por las siguientes razones: el hierro en la hemoglobina de la sangre está en estado ferroso y éste es esencial para su función de transporte del oxígeno; la presencia de nitratos causa la oxidación del hierro al estado férrico y produce meta-hemoglobina, la cual no tiene capacidad de transporte oxígeno y, por lo tanto, en concentraciones elevadas da lugar a cianosis. Según Maldonado (1993) la cianosis se refiere a la coloración azulada de la piel mucosas y lechos ungueales, usualmente debido a la existencia de por lo menos 5 % de hemoglobina reducida en la sangre circulante o de pigmentos hemoglobínicos anómalos (metahemoglobina o sulfohemoglobina) en los glóbulos rojos.

### **2.2.3. La dureza**

La dureza del agua representa la concentración de cationes metálicos multivalentes en solución. En condiciones de saturación, los cationes reaccionan con aniones en el agua para formar un sólido. Existen dos tipos de dureza: carbonatadas y no carbonatadas, las cuales deben su nombre al tipo de anión con el cual reaccionan (Campos, 2000). La dureza depende de los contenidos de calcio y magnesio que están disueltos en el agua; según PRASNIC (2002) se puede distinguir como:

- a. Dureza de carbonato, que está en relación con los carbonatos y bicarbonatos de Ca y Mg.
- b. Dureza de no carbonato, que depende de las otras sales de Ca y Mg.
- c. Dureza total, que es la suma de (a) + (b).

El valor máximo aceptable de dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ) en el agua corresponde a 400 mg/l (Normas CAPRE, 1994).

### **2.2.4. Fósforo**

Según Brugnoli (1999), el fósforo es un nutriente limitante del crecimiento del fitoplancton en cuerpos de agua dulce y la principal causa de la eutrofización por efectos antropogénicos. En los sistemas acuáticos, el fósforo principalmente se encuentra como ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ); éste es aportado por fuentes naturales o por el hombre, por medio de aguas domésticas, efluentes industriales o fertilizantes.

Según PRASNIC (2002), este elemento se encuentran en muchos compuestos químicos, tales como detergentes domésticos e industriales, fertilizantes, orina, etc. La búsqueda de estos compuestos se

hace sólo en aguas superficiales, ya que no alcanzan a llegar a las aguas profundas, en vista que son retenidos en los estratos superiores del terreno.

### **2.3. Calidad del agua**

El término de calidad del agua es complejo, pues encierra una serie de factores interrelacionados. Además, el concepto ha evolucionado debido al aumento en los usos del agua y a la facilidad de medir e interpretar sus características (Campos, 2000).

Según PRASNIC (2002), el agua es potable cuando no contiene sustancias que pueda afectar la salud humana. Estas sustancias se definen como contaminantes y pueden presentarse en estado coloidal, en suspensión o en solución.

Cruz (2003), indica que para proteger la calidad del agua se deben implementar acciones presentes y futuras para la preservación de las fuentes de agua, evitando contaminaciones del tipo doméstico, agrícola, industrial o de cualquier otra índole. Para ello se deben presentar las respectivas recomendaciones en las disposiciones legales existentes, emitidas por las instituciones encargadas de la vigilancia, control, preservación y mejoramiento del medio ambiente, tales como INAA, MARENA, entre otras.

### **2.4. Contaminación del agua**

Contaminación del agua es la introducción por el ser humano y sus actividades, directa o indirectamente, de sustancias o energía que dan por resultado efectos negativos tales como: daños de recursos vivos, daños a la salud humana, impedimento de la realización de las actividades acuáticas, deportes acuáticos o amenidades en general, impedimento del uso del agua para actividades agrícolas, industriales y domésticas (GESAMP; citado por Campos, 2000)

Según De Langue *et al.* (Citado por Brugnoli, 1999), la contaminación puede dividirse en dos grandes grupos: descargas puntuales provenientes de fábricas, plantas de tratamiento de material fecal, y descargas no puntuales o difusas provenientes del proceso de escorrentía por el mal uso de los suelos.

SUWAR/MARENA (1995), indican que las fuentes potenciales de contaminación, incrementan el riesgo de contaminación no sólo por el peligro de las cargas contaminantes, sino también por la vulnerabilidad natural de las fuentes superficiales y subterráneas.

## **2.5. Aguas residuales**

El articulado 2.7 del Decreto 33-95 del 2000 *Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias*, señala que las aguas residuales son aquellas provenientes de actividades domésticas comerciales, industriales y agropecuarias que presentan características físicas, químicas o biológicas que causen daño a la calidad del agua, suelo, biota y a la salud humana.

Según Glynn *et al.* (1999), las aguas residuales municipales, también llamadas aguas negras, son una mezcla compleja que contienen agua mezclada con contaminantes orgánicos (comúnmente más de 40%) e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos. La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña, y se expresa en mg/L, (miligramos de contaminante por litros de la mezcla).

### **2.5.1. Patógenos**

PRASNIC (2002), indica que los microorganismos existentes en el agua pueden ser de la propia agua, del aire y tierra, y de las heces. Estos microbios pueden aumentar o disminuir su presencia según la procedencia del agua, factores químicos (acidez, materia orgánica, oxígeno disuelto, cantidad de sales), factores físicos (almacenamiento, filtración, luz solar, temperatura y turbidez) y factores bióticos (protozoos y bacteriófagos).

Los coliformes totales y fecales tienen especial importancia desde el punto de vista de la calidad microbiológica del agua, ya que éstos tienen relación directa con la contaminación del agua por materias fecales.

La mayoría de los gérmenes patógenos transmitidos por el agua viven en los intestinos del hombre y de los animales. Un agua con contaminación fecal, se considera un agua no potable (Gordon *et al.*, 1976). De allí surgieron indicadores del grupo de coliformes fecales, especialmente *Eschehrichia Coli*, organismos que se encuentran en el tracto intestinal de los organismos de sangre caliente y son excretados en grandes cantidades.

## **2.6. Efectos de la contaminación del agua sobre la salud**

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que cada año causan la muerte a más de 5 millones de personas (10 veces más que las víctimas de guerra). Según la UNESCO (2003), aproximadamente 2300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60

% de la mortalidad infantil mundial es causada por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua.

A nivel mundial, la contaminación del agua es probablemente una de las responsables de la mayoría de las enfermedades del ser humano, más que cualquier otra causa de origen ambiental (Campos, 2000).

Las enfermedades relacionadas con el uso del agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable; enfermedades como la esquistosomiasis (que tiene parte de su ciclo de vida en el agua); la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; el ahogamiento y otros daños, y enfermedades como la legionelosis (Infección respiratoria producida por la bacteria denominada legionela o *Legionella pneumophila*) transmitida por aerosoles que contienen microorganismo). Pero, el agua también contribuye a la salud, por ejemplo, a través de la higiene (OMS, 2004).

A nivel mundial alrededor de 1.1 millón de personas, no tienen acceso a fuentes mejoradas de agua; para muchas otras, la contaminación del agua durante su transporte y en los hogares representa un significativo riesgo para la salud (WHO, 2004). Se estima que 1.8 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas, 200 millones son infestadas con esquistosomiasis y más de 1 billón de personas sufren de infecciones por helmintos transmitidos desde el suelo (WHO, 2004). Aproximadamente 5500 niños mueren diariamente por enfermedades causadas por aguas de alimentos contaminados (ONU, 2002).

Las infecciones de origen hídrico son la mayor razón de muerte en los niños de los países menos desarrollados y causan la muerte de millones de gente joven. Un gran porcentaje de enfermedades de origen hídrico se localizan en el intestino y el agua es el agente transmisor de ellas (Campos, 2000).

Según CEPIS-OPS (2000), en Nicaragua las enfermedades diarreicas agudas (EDA's) asociadas a la calidad del agua utilizada para consumo humano, tuvieron una incidencia de 1906233 casos en los años 1992 a 1999, con un promedio de 240000 casos al año. Los departamentos más afectados por EDA's fueron Managua (23%), Matagalpa (15%), Chinandega (9%). Las muertes por las EDA's reportadas durante ese período ascendieron a 3276. Otra enfermedad relacionada con el agua es la hepatitis viral; los departamentos con mayor incidencia fueron Managua (40%), Masaya (9%) y León (7%).

Según UNICEF (1998), una de las metas de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) es la reducción de la mortalidad y morbilidad de los niños en la región y la salvación de 100000 vidas de

pequeños que mueren de enfermedades evitables, entre ellas, la diarrea y otras en las cuales la calidad del agua juega un papel notable.

### **2.6.1. Vectores de enfermedades que se desarrollan en el agua almacenada o estancada**

A nivel nacional en los últimos 3 años se ha reducido la prevalencia del dengue clásico y del dengue hemorrágico. Sin embargo, la distribución del dengue está vinculada a las condiciones ambientales, favorables para la cría y proliferación del vector *Aedes aegypti*, así como la exposición de grandes cantidades de personas a factores de riesgos; también guarda relación con la inadecuada vigilancia epidemiológica y entomológica, y las insuficientes actividades del control del vector (MINSA, 2003).

## **2.7. Agua y saneamiento**

En las zonas más ricas del mundo, la relación entre el agua, la higiene y la salud es algo que se da por descontado. Pero para una mayoría menos afortunada, el acceso a agua limpia y en cantidades adecuadas es una lucha diaria. El suministro de agua y el saneamiento son esenciales para satisfacer las necesidades básicas. La importancia de promover y proteger la salud figura en la agenda política y ello ha resultado en grandes avances. No obstante, millones de personas carecen aún de un derecho humano fundamental y subsisten enormes retos para satisfacer numerosas promesas hasta ahora incumplidas (UNESCO, 2003).

La educación sanitaria es uno de los medios más importantes para generar cambios de conducta necesarios a nivel individual, familiar y comunitario, así como para interrumpir las vías de transmisión de enfermedades asociadas con el agua y el saneamiento. No obstante, pese a su importancia, frecuentemente el componente de educación sanitaria recibe poca atención o, en el peor de los casos, está ausente de los programas y proyectos que procuran objetivos de salud y bienestar (UNICEF, 1998).

Las acciones en higiene, saneamiento y suministro de agua potable contribuyen a controlar las enfermedades de origen hídrico. Pero, a pesar de los años de retórica, buenas intenciones y trabajo duro, existe poco progreso en el mejoramiento de las condiciones de saneamiento de la población. Según el MINSA (2003), en Nicaragua las enfermedades diarreicas agudas se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en los niños menores de 5 años.

De acuerdo con la OMS (1998), el saneamiento se define como las intervenciones que se realizan con el propósito reducir la exposición de la gente, mediante la provisión de un medio ambiente limpio para

vivir y medidas para romper el ciclo de las enfermedades; esto incluye la disposición o manejo higiénico de las excretas humanas y animales, la basura, aguas servidas, el control de vectores de enfermedades y la provisión de facilidades para el aseo de las personas y la higiene doméstica.

Según la UNESCO (2003), un billón de personas carecen de acceso a servicios mejorados de suministro de agua, y 2.4 billones carecen de adecuados servicios de saneamiento. Aquellos que no tienen suministro de agua adecuado y asequible son los más pobres de la sociedad. A pesar de las promesas que se han hecho en los últimos diez años y que el derecho al agua ha sido internacionalmente reconocido como un derecho humano, una sexta parte de la población del planeta aún no dispone de agua y dos quintas partes viven sin saneamiento.

## **2.8. Reutilización de aguas grises**

Hoy día muchos países, cuyas fuentes de agua dulce se están agotando, obtienen gran parte del agua para la agricultura a partir de aguas servidas recicladas y tratadas. (Brooks; citado por Gordon, 1976). La reutilización de aguas grises de lavado de las áreas urbanas representa la solución a muchos problemas relacionados con el abastecimiento de agua para usos tales como lavado de automóviles, inodoros, riego en la agricultura, reduciendo la presión sobre las fuentes de aguas que cada día se contaminan a un ritmo acelerado, disminuyendo el acceso a un servicio de agua potable segura para el consumo humano.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Características generales del área de estudio

##### 3.1.1. Características biofísicas

###### a. Ubicación del área de estudio

El barrio El Rodeo se encuentra al costado norte de la carretera panamericana, entre el km 12 y el km 13; entre las coordenadas geográficas: 86°09'39" y 86°09'10" de longitud oeste y 12°08'42" y 12°08'50" de latitud norte. Limita al este con la Universidad Nacional Agraria, al oeste con el barrio Sebastián Segura, al norte con la presa El Aceituno, al sur con la Universidad Nacional Agraria y la Fuerza Aérea de Nicaragua.

###### b. Clima

Según la clasificación de zonas de vida de Köppen, el área de estudio tiene un clima de Sabana (Catín, 1997). La precipitación anual promedio es de 1500 mm, distribuidas entre mayo y octubre, presentando un periodo de canícula bien definido de 15 de julio al 15 de agosto. La temperatura promedio anual es de 27.5 °C, siendo abril el mes más caliente (29.8 °C) y diciembre el más frío con 25°C.

La evapotranspiración potencial promedio anual es de 2300 mm. La evapotranspiración más alta se da en abril (312 mm) y la más baja en octubre (132 mm). La humedad relativa promedio en marzo es de 67.9 % y 89.5% en octubre. La velocidad del viento en marzo es de 3.4 m/s y en octubre es de 2 m/s.

###### d. Geología

En el lugar predomina material de origen volcánico, como lápilis, coladas de cenizas volcánicas, pómez, y talpetate. El terreno está fracturado por fallas geológicas que van de norte a sur (FARENA, 1996).

###### g. Suelo

Los suelos de la zona de estudio pertenecen a la Serie La Calera (LCA) y se ubican dentro del orden Mollisol; son suelos poco profundos que se han originado de cenizas volcánicas cementadas con carbonatos de calcio; bien drenados, textura arenosa, presentan una estructura masiva; hay presencia de carbonato en todo el perfil, el contenido de materia orgánica es de 2 % y el pH es de 7.5.

## **3.2. Metodología del estudio**

### **3.2.1. Entrevista semi-estructurada a hogares**

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas a jefes de familia de 54 hogares (25%) seleccionados al azar. La muestra se determinó con el programa STATS, con un universo de 213 hogares y un error máximo permisible de 5% con un nivel de confianza de 95%. Los aspectos abordados en las entrevistas (ver formato en Anexos) fueron los siguientes:

- Tamaño de familia y nivel de escolaridad
- Condiciones de vivienda
- Ocupación y nivel de ingresos
- Enfermedades más comunes
- Fuente de abastecimiento de agua potable
- Manejo del agua potable y aguas grises

Previo a la aplicación de las entrevistas se hizo una validación del instrumento en tres hogares con características diferentes, con el propósito de adecuar éste al lenguaje y nivel de los informantes. La información recopilada permitió conocer las condiciones y nivel de vida de vida de los pobladores del barrio, lo cual permitió hacer inferencias y relacionar los aspectos socioeconómicos con el uso y manejo del agua potable y las aguas grises.

### **3.2.2. Observación de campo**

Consistió en realizar transectos en el barrio para verificar la fuente de abastecimiento de agua, los métodos de almacenamiento, así como las condiciones higiénicas sanitarias bajo las cuales se manipula el agua para los usos domésticos y el manejo de las aguas grises.

### **3.2.3. Entrevista semi-estructurada a personal del centro de salud**

Se realizó entrevistas con el director del centro de salud ubicado en el barrio El Rodeo, con el objeto de conocer la incidencia de enfermedades mas comunes y las actividades de saneamiento relacionadas con el manejo adecuado del agua (ver formato en anexos).

### **3.2.4. Muestreo y análisis del agua potable y aguas grises**

Se definieron 4 puntos de muestreo del agua de uso doméstico, tanto la que sale del grifo como la almacenada (en barriles, tinas, baldes y pilas). Para la ubicación de estos puntos de muestreo se definió un transecto a lo largo del Barrio, en el cual se seleccionaron los cuatro hogares (Ver Anexo): uno en el extremo este del barrio (casa N° 1), otro en la parte intermedia (casa N° 80) y dos en el extremo oeste (casas N° 196 y 204).

Mientras que para el muestreo de las aguas grises se definieron seis puntos, tres de los cuales están situados en la parte inicial, intermedia y final de la canaleta de desagüe (que se encuentra paralela a la carretera panamericana) usada por una parte de los habitantes para drenar las aguas grises. Los tres sitios restantes se ubicaron uno en la confluencia de la canaleta con el cauce del aeropuerto, otro en el puente del aeropuerto y el tercero en el cauce principal que drena hacia el lago Xolotlán.

#### **a. Análisis físico- químico**

Para la medición de parámetros fisicoquímicos del agua para uso doméstico y aguas grises se utilizaron métodos de laboratorio y métodos analíticos, mediante cintas y equipos HACH; el muestreo se realizó en los meses de Octubre y Noviembre del año 2004. La dureza, carbonatos, bicarbonatos y conductividad eléctrica se hizo por métodos de laboratorio utilizados por el LABSA - UNA. En la tabla 1 se detallan los tipos de análisis y los parámetros que fueron analizados.

**Tabla 1. Parámetros de calidad de agua evaluados y los métodos utilizados**

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Métodos</b>
<b>Cuantitativos</b>	<b>Físico- químicos</b>	
	Conductividad eléctrica	LABSA
	pH	LABSA
	Calcio	LABSA
	Magnesio	LABSA
	Carbonatos	LABSA
	Bicarbonatos	LABSA
	Nitratos	Espectrofotómetro HACH®
	Fosfatos	Espectrofotómetro HACH®
	Microbiológicos	
	Coliformes fecales y totales	Membrana filtrante
<b>Cuantitativos</b>	<b>Físico- químicos</b>	
	Alcalinidad total	Cintas HACH®
	pH	Cintas HACH®
	Dureza	Cintas HACH®
	Cloro total	Cintas HACH®
	Cloro libre	Cintas HACH®
<b>Cualitativos</b>	<b>Microbiológicos</b>	
	Coliformes fecales y totales	PATHOSSCREEN®

Fuente: Elaboración propia, 2005

### **b. Análisis microbiológico**

Se realizaron muestreos cualitativos con el uso de un kit de campo PATHOSSCREEN®, para determinar la presencia de coliformes en las aguas grises y el agua de uso doméstico. En los sitios donde el resultado fue positivo, se tomaron muestras para hacer el análisis cuantitativo por el método de filtración por membranas, en el laboratorio de ENACAL de Matagalpa.

### **3.2.5. Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información recopilada en las entrevistas se realizó mediante la estadística descriptiva, para lo cual utilizó el programa Microsoft Excel. Se obtuvo los porcentajes y frecuencia de las variables estudiadas, con los cuales se hicieron gráficos que ayudaron a interpretar los resultados.

El análisis comparativo de los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos encontrados, se realizó haciendo una comparación con los valores recomendados en las Normas CAPRE (1994) de calidad del agua.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

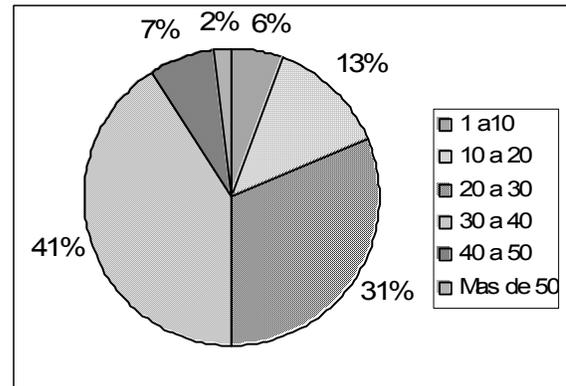
### 4.1. Aspectos socio- demográficos

#### a. Breve reseña histórica

El barrio El Rodeo inicialmente se formó como un asentamiento espontáneo con personas en su mayoría venidas del campo. Hoy en día tienen legalizadas sus propiedades puesto que fueron beneficiados por la Ley 86 de la propiedad, lo cual les da seguridad a la tenencia de sus viviendas.

Tal como se muestra en la figura 1, el 72% de las familias encuestadas tienen entre 20 y 40 años de habitar en el Barrio, el 13 % tiene entre 10 y 20 años y solamente el 6% tiene menos de 10 años de vivir en El Rodeo. Esto indica que el barrio se formó hace muy poco tiempo, una de las razones por las cuales sus habitantes no cuentan con los recursos suficientes para darle un buen tratamiento a las aguas grises que a diario desechan, teniendo como consecuencia una mayor vulnerabilidad a enfermedades infectocontagiosa producidas por vectores.

Fig. 1. Tiempo de habitar en el barrio El Rodeo

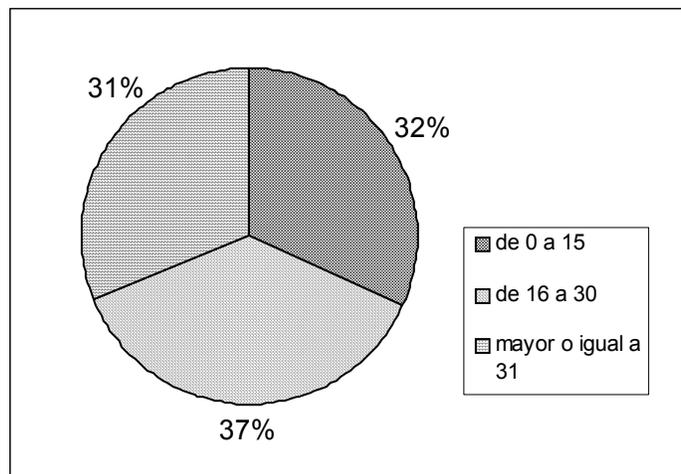


Fuente: Elaboración propia, 2005

#### b. Población

El barrio El Rodeo tiene una población de 1335 habitantes, distribuidos en 213 viviendas, de los cuales 690 pertenecen al sexo femenino y 645 al sexo masculino. Del total de la población el 32% (422) tienen edades inferiores a los 15 años, el 37% (497) se encuentran en edades entre 16 y 31 años y el 31% (416) personas son mayores 30 años (ver figura 2).

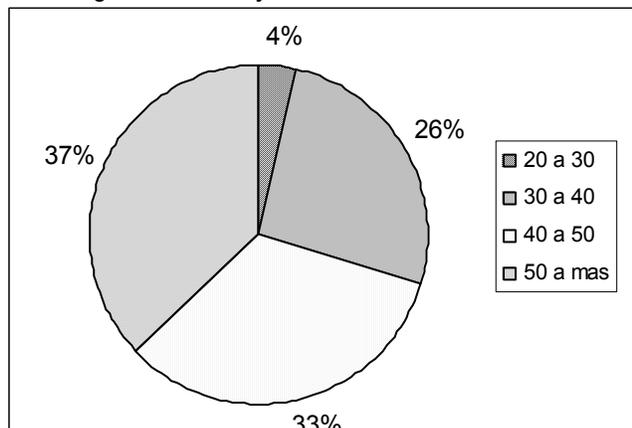
Fig. 2. Distribución de la población por grupo de edades



Fuente: Elaboración propia, 2005

Por otro lado, la mayoría de los jefes de familia son personas adultas. La figura 3 señala que en el 59% de los hogares los jefes de familia tienen edades entre 30 y 50 años, en el 37% tienen más de 50 años de edad y solamente el 4 % tiene edades entre 20 y 30 años.

**Fig. 3. Edades de jefes de familia del barrio El Rodeo**



Fuente: Elaboración propia, 2005

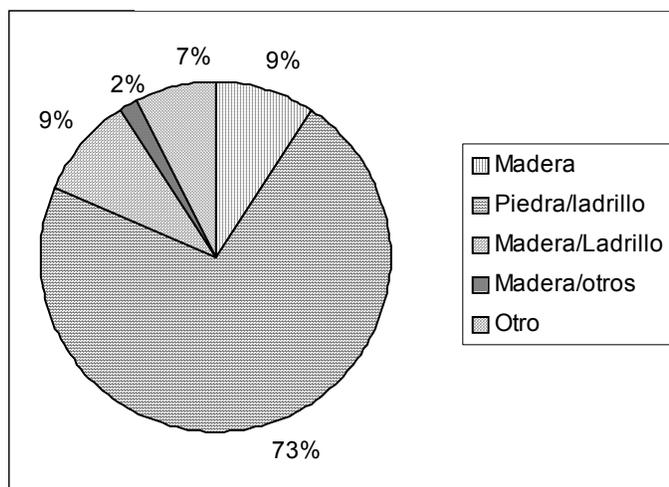
### c. Composición de los hogares

La mayoría de familias de El Rodeo están compuestas por más de tres miembros, siendo el promedio de 6 personas por vivienda; aunque se encuentran familias de hasta 13 miembros que viven en un solo hogar. El núcleo familiar está estructurado por el (la) jefe de familia y sus hijos, pero en muchos casos habitan en una misma casa otros parientes como yernos, nietos y sobrinos.

### d. Características de las viviendas

Tal como se muestra en la figura 4 el 73% de los hogares encuestados tienen casas construidas con piedra cantera o bloques de cemento, lo que indica que la mayoría de viviendas han tenido mejoras en los últimos años. Un 9% de viviendas están construidas con ladrillos de barro y madera; el resto está constituido por viviendas muy humildes construidas con madera (9%), plycem y/o plástico (7%).

**Fig. 4. Características de los materiales de las viviendas del barrio El Rodeo**



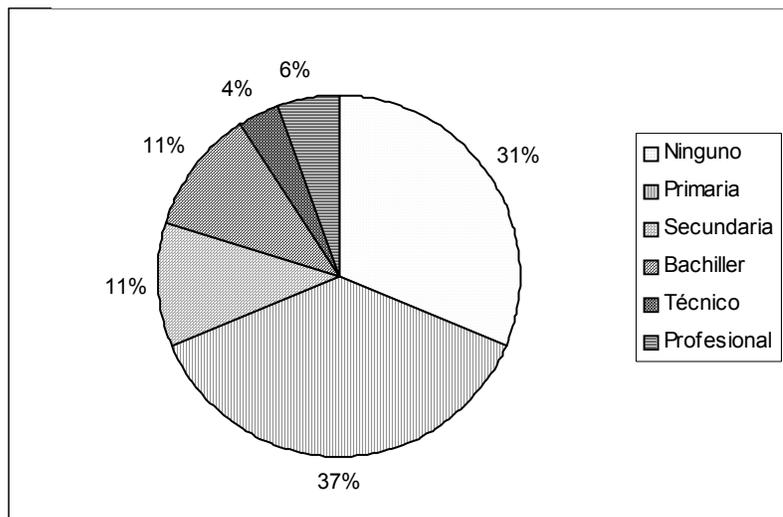
Fuente: Elaboración propia, 2005

Según la encuesta realizada, un 30 % de los hogares cuentan con 3 dormitorios, un 29% con 2 dormitorios, 20% con 4 dormitorios, un 9% cuenta con un solo dormitorio; un reducido número de viviendas (8%) tiene más de cinco dormitorios.

### e. Escolaridad de los jefes de familia

El nivel educativo de los jefes de familia es bajo; tal como se observa en la figura 5, casi un tercio no tiene educación formal (corresponde a las personas con mas de 50 años de edad) y otro tercio alcanzó educación primaria; un menor número tiene estudios de secundaria, técnicos y muy pocos son profesionales.

Fig. 5. Nivel de escolaridad de los jefes de familia del barrio El Rodeo

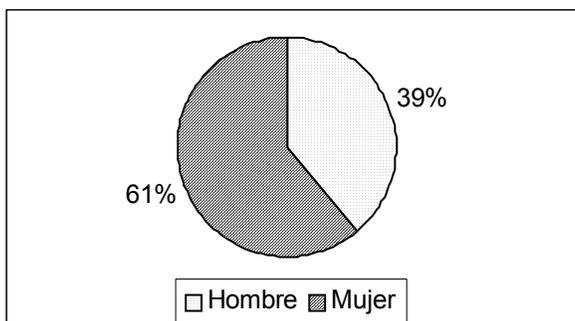


Fuente: Elaboración propia, 2005

### f. Responsabilidad de las familias

La encuesta a los hogares reflejó que más de la mitad de los hogares tienen como jefe de familia a una mujer (61%) y solo el 39% de los hogares tienen como jefe a hombres (figura 6), lo cual indica que la mayor responsabilidad en los hogares del barrio El Rodeo recae sobre las mujeres jefas de familias, quienes son las encargadas de lo relacionado a actividades de limpieza, alimentación y educación de las personas que habitan en esos hogares.

Fig. 6. Porcentaje de hombres y mujeres jefes de familia en el barrio El Rodeo.



Fuente: Elaboración propia, 2005

### 4.1.1. Infraestructura y servicios básicos.

#### a. Vialidad

La principal vía de acceso a El Rodeo corresponde a la carretera panamericana, ya que dicha carretera es el límite sur del barrio. Sin embargo, la calle principal que se ubica en el costado norte se encuentra

en mal estado, debido a que no tiene ningún revestimiento; esto provoca que en época seca se formen tolvaneras y en la época de invierno se forme una gran cantidad de charcas.

#### **b. Educación**

En lo relacionado a la educación el barrio El Rodeo cuenta con una escuela de primaria, con cuatro aulas de clase. Una vez que los niños han cursado la primaria se ven en la necesidad de acudir a otros centros de educación secundaria localizados en la capital.

#### **c. Salud**

El Rodeo cuenta con un centro de salud que atiende a toda la población del barrio y áreas aledañas. Según la encuesta realizada las enfermedades que más se presentan entre la población son la gripe, la diarrea, el dengue y la fiebre, las cuales están relacionadas con el perfil higiénico sanitario de los hogares. Cabe señalar que algunos de los pobladores del barrio muchas veces acuden a clínicas privadas, por la carencia de medicinas en este centro de salud.

#### **d. Energía eléctrica**

La mayoría de los hogares cuenta con servicios de energía eléctrica. De los hogares encuestados el 56% cuentan con medidores individuales, el 37% tienen energía colectivamente (es decir que los vecinos le proporcionan energía eléctrica) y el 7% se encuentran conectados directamente al tendido eléctrico, de manera ilegal.

#### **e. Recreación**

El barrio El Rodeo cuenta con un campo de baseball, una cancha de baloncesto y un pequeño parque para la recreación de sus habitantes.

#### **f. Iglesias**

El Rodeo cuenta con una iglesia católica y una iglesia evangélica.

#### **4.1.2. Economía**

La mayoría de los hogares de El Rodeo dependen del trabajo asalariado para satisfacer sus necesidades básicas. Los habitantes laboran en entidades aledañas al barrio, tales como MARENA, UNA, Zona Franca Industrial, CARNIC, Aduana de Nicaragua y el Aeropuerto Internacional. Otra parte depende de pequeños negocios tales como pulperías, venta de comida, renta de cuartos a estudiantes

universitarios, ventas de alimentos, además de una fábrica de bloques; una mínima parte de la población se dedica a la agricultura.

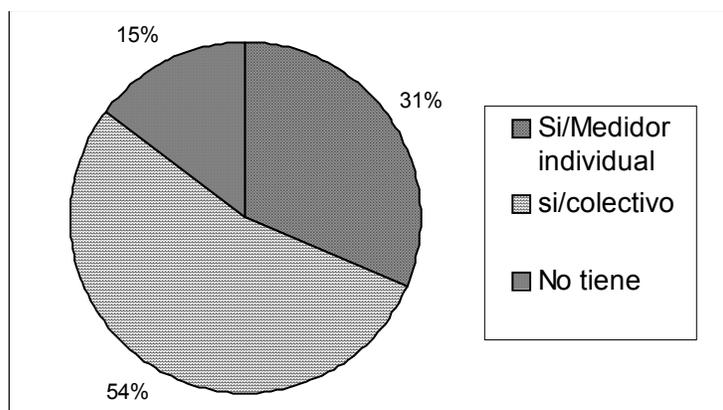
Según resultados de las encuestas realizadas, el 31% de los jefes de familia no tienen ingresos fijos debido a que trabajan en sus propias casas, el 19% reciben ingresos entre 100 a 1000 córdobas, el 35% reciben entre 1000 a 2000 córdobas, el 6% reciben salarios entre 2000 a 3000 córdobas y solamente el 9% tienen ingresos entre 3000 y 3500 córdobas mensuales.

## 4.2. Manejo del agua para consumo y uso doméstico

### 4.2.1. Abastecimiento de agua para sus diferentes usos en el barrio El Rodeo

La mayoría de los hogares del barrio El Rodeo tienen acceso al servicio de agua potable. No obstante, tal como se observa en la figura 7, solamente el 31% de los hogares encuestados tienen medidor propio, el 54% obtienen el agua del vecino (dos o tres familias toman en agua de una misma conexión) y un 15% se encuentran conectados de manera ilegal a la red de tuberías.

Fig. 7. Acceso al servicio de agua potable en los hogares de El Rodeo



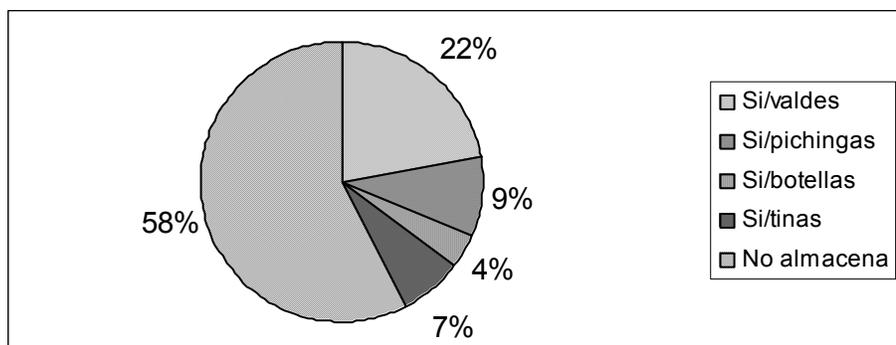
Fuente: Elaboración propia, 2005

Cabe señalar que el agua con que es abastecido este barrio proviene del complejo de pozos Las Mercedes, ubicado en la parte baja de la cuenca tres de la subcuenca sur del Lago de Managua, que se caracteriza por suministrar agua con alta conductividad eléctrica al momento de ser servida a la red de distribución. (Bernard Horvilleur, com. pers.)

#### 4.2.2. Manejo del agua para consumo humano y uso doméstico

Tal como se muestra en la figura 8, el 58% de la población del barrio El Rodeo manifestó no almacenar agua para tomar, ya que la obtienen directamente del grifo; pero, el 42% dijo almacenar agua en recipientes, lo cual incrementa la posibilidad de contaminación del agua.

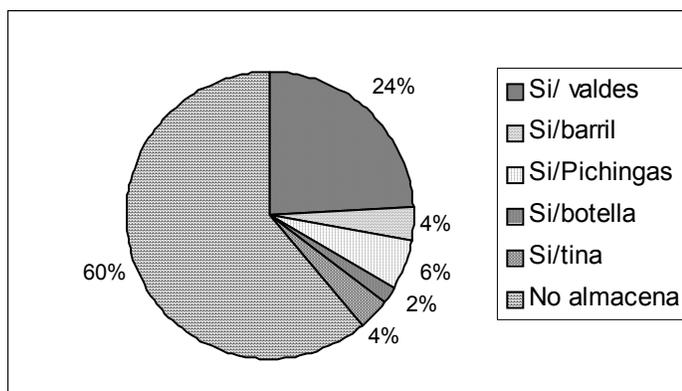
Fig.8. Porcentaje de hogares del barrio El Rodeo que almacenan agua para tomar



Fuente: Elaboración propia, 2005

Fig. 9. Porcentaje de hogares que almacenan agua para uso doméstico

Para el caso del agua a ser usada en la cocina, el 60% dice no almacenar agua para esos fines pues la toman directamente del grifo; el 40 % restante si almacena agua para dicho uso (ver figura 9). En la mayoría de los casos los recipientes no se manejan adecuadamente: no son cerrados y no se lavan periódicamente, lo cual aumenta el riesgo de contaminación del agua.



Fuente: Elaboración propia, 2005

#### 4.3. Calidad del agua para tomar y de uso doméstico

##### 4.3.1. Calidad físico-química del agua en el mes de octubre del 2004

Los resultados de los parámetros de calidad del agua para consumo humano y uso doméstico en los 4 sitios de muestreo, realizado en el mes de octubre del 2004 en el Barrio El Rodeo, se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Resultados de los análisis físico-químicos del agua potable en los 4 puntos de muestreo en el barrio El Rodeo, (Octubre 2004)**

Muestra	pH	CE uS/cm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Dureza	Alcalinidad	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L
			mg/L CaCO <sub>3</sub>				
<b>Agua de grifo</b>							
1	8.0	412	166.3	16.0	182.2	330.1	402.73
2	8.0	431	167.3	16.0	183.2	353.1	430.80
3	8.0	433	184.9	17.5	202.2	320.1	390.53
4	8.0	432	160.8	16.0	176.7	326.6	398.46
<i>Promedio</i>	<i>8.0</i>	<i>427</i>	<i>169.8</i>	<i>16.4</i>	<i>186.1</i>	<i>332.5</i>	<i>405.6</i>
<b>Agua almacenada</b>							
1	8.0	441	150.3	14.5	164.7	343.1	418.60
2	8.1	443	183.4	16.0	199.2	350.1	427.14
3	8.1	437	170.8	16.0	186.7	363.1	443.01
4	8.2	435	177.9	17.5	195.2	343.1	418.60
<i>Promedio</i>	<i>8.1</i>	<i>439</i>	<i>170.6</i>	<i>16.0</i>	<i>186.4</i>	<i>349.8</i>	<i>426.8</i>

Fuente: Elaboración propia, 2005

#### **a. pH**

El valor promedio del pH del agua tomada de los grifos es 8 y 8.1 en el agua tomada de los recipientes donde se almacena, siendo poca la diferencia entre ambas (ver tabla 2). Según la Norma CAPRE (1994), esta agua puede ser utilizada para el consumo humano, ya que los valores encontrados se ubican entre los valores recomendados (6.5 a 8.5). Las determinaciones cualitativas muestran un valor promedio de pH de 8.4, valor un poco superior a lo obtenido mediante el método potenciométrico.

#### **b. Conductividad eléctrica**

El valor medio de conductividad eléctrica es 427 uS/cm para el agua proveniente de la red de distribución y 439 uS/cm para el agua almacenada (ver tabla 2). Estos valores de conductividad eléctrica sobrepasan lo recomendado por las normas CAPRE, que es de 400 uS/cm (ver anexo).

Los altos valores de conductividad eléctrica pueden estar asociados con el material original de los suelos, el cual es de origen calcáreo. Los suelos del área pertenecen a la serie La Calera (LCA), clasificados como Haplaquoll (Catastro, 1971), debido a la presencia de carbonatos de calcio que le confieren una mayor alcalinidad; además, estos suelos están sobre toba (con espesores de hasta más de 10 cm) originada de cenizas volcánicas cementadas con carbonato de calcio y de magnesio. Por otro lado, el manto freático es muy somero, con menos de 5 m en muchos lugares de la parte baja de la Subcuenca III, donde esta ubicada el área de estudio (Acuña, com. pers.).

### **c. Calcio**

El calcio y el magnesio son elementos mayoritarios en las aguas y juegan un importante papel, tanto en la alimentación como en la industria, por su concentración y por los fenómenos físicos-químicos a que dan lugar (Catalán, 1981).

Los valores de carbonatos de calcio fueron de 169.8 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en el agua que se distribuye en la red y 170.6 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en el agua almacenada (tabla 2), por lo que se considera que no hay riesgo para la salud. El calcio es esencial para los huesos y los dientes, especialmente en niños (Gray, 1994). Los altos valores pueden estar relacionados con el material parental y los suelos de la zona.

### **d. Magnesio**

El valor medio de magnesio fue de 16.4 mg/L en el agua de la red de distribución y 16 mg/L en el agua almacenada. Los valores encontrados están por debajo de lo recomendado por las Normas CAPRE (1994), por lo que estas pueden seguir siendo usadas para consumo humano.

### **e. Dureza del agua**

La dureza o blandura del agua varía de un lugar a otro y refleja la naturaleza de la geología del área con la cual esta en contacto (Gray, 1994). El valor medio de la dureza en las aguas que se brinda en la red de distribución fue de 186 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  y 186.4 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en el agua almacenada. De acuerdo con clasificación De Zuane (1990), el agua es considerada como dura. Según análisis cualitativos realizados en los mismos puntos de muestreo la dureza del agua fue de 120 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , por lo que el agua se clasifica como moderadamente dura.

No hay diferencias entre el agua que se sirve en la red y el agua que almacena la población para sus quehaceres domésticos. Estos valores de dureza se relacionan con la litología del suelo, ya que el calcio y el magnesio son elementos básicamente de origen litofílico.

Según las Normas CAPRE (1994) esta agua es usada correctamente, ya que los valores encontrados están por debajo de los valores que se recomiendan para las aguas de consumo humano, que es de 400 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (ver anexo).

La dureza producida por iones de metales divalentes de calcio, magnesio, hierro, entre otros, tiene un efecto económico ya que estos iones precipitan el jabón haciendo tardía la producción de espumas. Por cada 10 mg/L de CaCO<sub>3</sub> se desperdician 120 mg de jabón, esto indica que se consume mucho jabón y detergente. Debido a la dureza excesiva de muchas aguas, diariamente se desperdician en el mundo toneladas de jabón y detergente tanto en las industrias de lavado como en el uso doméstico (Catalán, 1981).

De acuerdo con estos datos en el barrio El Rodeo se gastan alrededor de 3000 gr de jabón por cada 1000 litros de agua, debido a la dureza de las aguas. Por otro lado, la dureza del agua esta relacionada con ciertas enfermedades cardiovasculares, pero disminuye el riesgo de otras enfermedades; el calcio y el magnesio están relacionadas con la urolitiasis (Catalán, 1981).

#### 4.3.2. Calidad físico-química del agua en el mes de Noviembre del 2004

En la tabla 3 se presentan los resultados de los parámetros físico-químicos del agua, obtenidos a partir del análisis de laboratorio del agua recolectada directamente del grifo y recipientes de almacenamiento en 4 sitios de muestreo.

**Tabla 3. Calidad físico-química del agua potable en el barrio El Rodeo. Noviembre, 2004.**

Muestra	pH	CE μS/cm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
			mg/L	
<b>Agua del Grifo</b>				
1	8.2	426	0.0	0.00
2	8.3	434	0.5	0.02
3	8.2	430	0.1	0.03
4	7.9	425	0.6	0.04
<b>Promedio</b>	<b>8.1</b>	<b>429</b>	<b>0.3</b>	<b>0.02</b>
<b>Agua Almacenada</b>				
1	8.1	416	0.7	0.03
2	8.0	436	0.3	0.2
3	8.3	432	0.6	0.02
4	7.5	418	0.6	0.03
<b>Promedio</b>	<b>8.0</b>	<b>425</b>	<b>0.5</b>	<b>0.07</b>

Fuente: Elaboración propia, 2005

#### **a. pH**

El pH del agua presentó valores medios de 8.1 y 8 en el agua de grifo y almacenada respectivamente; estos valores son similares a los obtenidos en el mes de octubre.

#### **b. Conductividad eléctrica**

Los valores medios de conductividad eléctrica fueron de 429  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 425  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el agua del grifo y almacenada respectivamente, estos valores altos de conductividad eléctrica están directamente relacionados con las concentraciones de cloro libre y cloro residual presente, ya que esta agua se sirve clorada a la red de distribución (Hernández, com. pers).

#### **c. Nitratos**

Los valores de nitratos determinados en el agua proveniente tanto de la red como del agua almacenada alcanzaron un valor promedio de 0.55 mg/L, considerado muy bajo según lo establecido en las Normas CAPRE, por lo cual estas concentraciones no representan peligro para la salud.

Desde el punto de vista de la potabilidad, los nitratos no son nocivos y dan al agua un sabor agradable, pero debido a la posibilidad de que éstos se reduzcan a nitritos, las aguas con altos contenidos de esta sustancia no se deben tomar. Altas concentraciones sobretodo en niños menores de 6 meses de edad, favorecen la reducción del ión nitrato a nitrito, debido a que los jugos gástricos son pocos ácidos, produciendo metahemoglobinemia. También se sospecha que concentraciones altas pueden formar nitrosoaminas, las que podrían provocar cáncer gástrico (Catalán, 1981).

#### **d. Fosfatos**

Los valores medios de fosfatos encontrados en el agua que sale del grifo y en el agua almacenada (utilizada en las actividades domésticas) son prácticamente nulos, con valores de 0.03 y 0.07 respectivamente.

#### **4.3.3. Calidad microbiológica del agua potable**

Según los resultados del análisis cualitativo realizado al agua que sale del grifo, en el periodo octubre - noviembre del 2004, no existía presencia de coliformes fecales; esto fue corroborado con análisis cuantitativos realizados en el laboratorio. Es decir que el agua que en ese momento salía de la red de abastecimiento estaba libre de este tipo de microorganismos patógenos perjudiciales para la salud; se

considera que el agua que no contiene coliformes totales está libre de bacterias productoras de enfermedades.

En cambio, el análisis cualitativo practicado al agua almacenada para uso doméstico, sí demostró la presencia de coliformes, lo cual fue corroborado por el análisis cuantitativo. Los resultados de laboratorio indican que existía contaminación en la mayoría de las muestras de agua almacenada (en baldes, barriles, pilas), reportándose más de 10 colonias en 100 ml (ver tabla 4); de acuerdo con las Normas CAPRE estos valores superan el valor recomendado y el valor máximo admisible.

Las posibles causas de la presencia de coliformes fecales en el agua de uso intradomiciliar son las prácticas inadecuadas en la manipulación del agua, tales como lavarse o introducir las manos dentro de los recipientes después de cambiar el pañal y después de haber utilizado la letrina o inodoro, introducir recipientes sucios, que los niños se laven las manitas dentro de la pila o barril sin vigilancia de los adultos. Esta agua luego es utilizada para lavar productos alimenticios, ropa, trastos de cocina, induciendo así a enfermedades provocadas por estos microorganismos patógenos. Lo correcto sería clorar el agua para poder seguir utilizándola con seguridad, o en su defecto procurar hacer uso del agua cuando está saliendo directamente de la red de distribución.

**Tabla 4. Número de colonias de coliformes fecales en el agua almacenada tomada en 4 puntos de muestreo en el barrio El Rodeo. Noviembre del 2004.**

	No. Colonias / ml		
	100	50	100
Fecha	08/10/04	18/10/04	19/11/04
<b>Agua de uso doméstico</b>			
1	21	17	17
2	17	33	14
3	12	-	44
4	-	-	32

Fuente: Elaboración propia, 2005

#### **4.4. Manejo de las aguas grises en el barrio El Rodeo**

El barrio El Rodeo no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario (ver figura 9). Los hogares ubicados a la orilla de la carretera panamericana eliminan las aguas grises, provenientes del uso en la cocina y el aseo personal, a través de una canaleta (construida de este a oeste), la cual tiene la

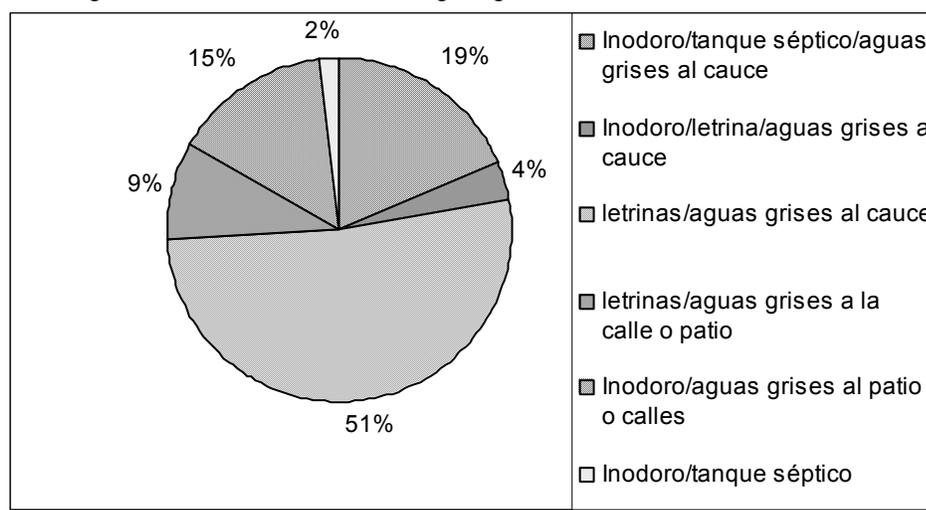
finalidad de evacuar las agua pluviales de dicha carretera; cabe señalar que cuando se acumula basura y algunos sedimentos en algunas partes de este canal el agua se estanca, tomando un aspecto muy oscuro y fétido. La mayoría del resto de los hogares riega el agua residual en los patios y en las calles, formándose charcas que se convierten en criaderos de vectores de enfermedades.

**Figura 10. Vista panorámica de las formas de evacuación de las aguas grises en el barrio El Rodeo**



Debido a la falta de alcantarillado en algunos hogares se han construido tanques sépticos donde se depositan las excretas. Como se muestra en la figura 10, en el 40% de los hogares encuestados se han construido fosas sépticas, pero depositan las aguas grises en el cauce o la riegan en las calles. Sin embargo, el 60% restante de hogares que tienen letrinas, tiran las aguas grises al cauce o las riegan en la calle.

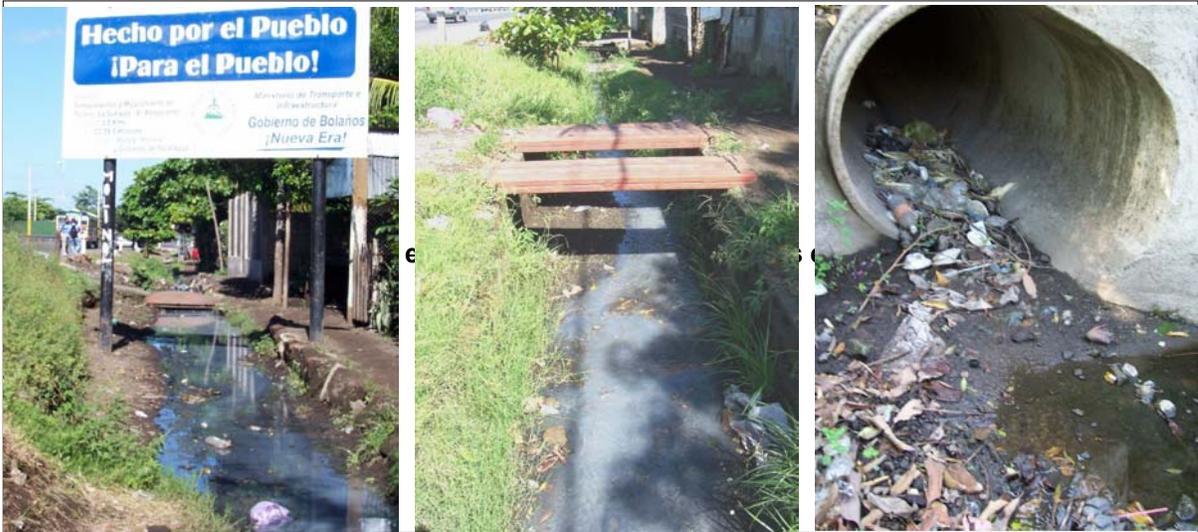
**Fig. 11. Formas de eliminación de aguas grises en el barrio El Rodeo**



Fuente: Elaboración propia, 2005

Por otro lado, en el extremo oeste del barrio donde termina esta canaleta, confluye una alcantarilla proveniente del Aeropuerto Internacional (ver figura 11); así mismo, a unos 30 metros hacia el oeste desemboca otro cauce que también lleva agua grises proveniente de dicho Aeropuerto (ver figura 12). Cabe señalar que estos flujos desembocan a un cauce natural que atraviesa parte del barrio, lo cual constituye un factor de alto riesgo para los habitantes que viven a orillas de este cauce.

**Figura 12. Vista panorámica de la canaleta por donde se evacuan las aguas grises de El Rodeo**



**Figura 13. Vista panorámica de la confluencia de aguas grises provenientes del Aeropuerto Internacional y su posterior curso por el cauce natural que atraviesa parte del barrio El Rodeo.**



Las formas de eliminación de las aguas grises aumentan el riesgo de la población a contraer enfermedades de origen hídrico, debido a la proliferación de vectores de enfermedades (moscas y mosquitos), la emanación de olores desagradables, así como la creación de condiciones para la reproducción de gérmenes causantes de infecciones gastrointestinales y de la piel. En resumen, las deficiencias en el manejo de las aguas grises y la falta de alcantarillado sanitario favorecen que la mayor parte de la población del barrio esté expuesta a enfermedades de origen hídrico.

#### 4.4.1. Calidad físico-química de las aguas grises

En la tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros físico-químicos de las aguas grises provenientes de 6 sitios de muestreo, en el mes de noviembre del 2004.

**Tabla 5. Calidad físico-química de las aguas grises en el Barrio El Rodeo, Noviembre del 2004.**

Muestra	pH	CE μS/cm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
			mg/L	
<b>Canaleta paralela a la Carretera</b>				
<b>1</b>	7.4	486	0.0	0.0
<b>2</b>	7.5	570	0.2	0.25
<b>3</b>	7.7	601	3.2	0.32
<b>Promedio</b>	<b>7.5</b>	<b>552</b>	<b>1.1</b>	<b>0.19</b>
<b>Alcantarilla Aeropuerto 1</b>				
	8.4	934	5.5	0.01
<b>Alcantarilla Aeropuerto 2</b>				
	7.7	798	0.8	0.21
<b>Cauce principal</b>				
	6.9	926	4.6	0.03

Fuente: Elaboración propia, 2005

#### a. pH

Las aguas grises analizadas mostraron un valor de pH más bajo, en relación a lo obtenido en el agua potable, con valores que se encuentran entre 7.4 y 7.7; excepto en una alcantarilla proveniente del Aeropuerto donde alcanzó un valor de 8.4. Es notorio el descenso que sufre el pH (de alcalinas a levemente alcalinas) en los distintos tipos de agua analizadas, lo cual puede ser debido a:

- Presencia de anhídrido carbónico disuelto procedente de la atmósfera.

- Reacción del CO<sub>2</sub> con el agua que circula en los canales que conducen las aguas servidas, formándose ácido carbónico.
- Al efecto dispersante de los detergentes.

En el caso de los detergentes son los tripolifosfatos o sales de fósforo los más utilizados. En estos se da un reemplazo de los iones hidrógeno por iones de sodio formándose el tripolifosfato sódico, el cual puede pasar en solución a fosfato no condensado por hidrólisis (Catalán, 1981). Estos polifosfatos intervienen en el momento de su utilización durante el lavado, de acuerdo con sus propiedades complejantes del calcio y con su papel dispersante y protector. En la tabla 5 se puede observar el aumento de fosfatos desde la muestra 1 (inicio de la canaleta) hasta la muestra 3, que es el punto donde desembocan las aguas grises del barrio, provenientes de lavar ropa, los trastos de cocina y ducharse.

#### **b. Conductividad eléctrica**

El valor medio de conductividad eléctrica fue de 552  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en las aguas grises que corren en la canaleta paralela a la Carretera. No obstante, tal como se aprecia en la tabla 5 la conductividad muestra un comportamiento ascendente desde la muestra 1 (inicio) hasta la muestra 3 (final del canal), influenciado por los contenidos de sales que provienen de los aportes de los hogares. Lo más probable es que estas sales sean cloruro de sodio (NaCl), proveniente de la preparación de alimentos y que queda en los residuos de comida; luego del lavado de los trastos de cocina, esta agua se vierte al canal que la conduce hasta el cauce principal (Valverde, com. pers.).

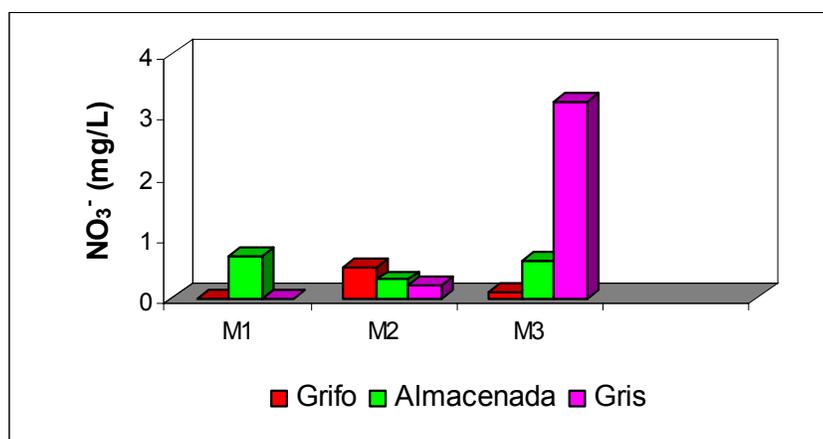
Valores más altos de conductividad eléctrica se obtuvieron en el agua gris proveniente del Aeropuerto, que se vierte al cauce principal y que finalmente drena al lago de Managua (ver tabla 5). El aumento de conductividad eléctrica en las aguas servidas puede ser debido también a los efectos de la evaporación en los canales, ya que al evaporarse el agua se concentran más el contenido de sales disueltas en el agua que no logra evaporarse.

#### **c. Nitratos**

El valor medio de nitratos en las aguas grises del canal paralelo a la carretera es de 1.1 mg/L; no obstante, se nota incremento en el contenido de este ión en la muestra 3 (final del cauce) en relación a la muestra 1 (ver tabla 5 y figura 13). Los nitratos se encuentran como componentes naturales en muchos vegetales, bebidas alcohólicas, cereales, productos lácteos, productos utilizados para la

conservación de alimentos, producción de queso; pero, el nitrato encontrado en el agua grises, es más probable que provenga de la oxidación bacteriana de la materia orgánica, principalmente de las eliminadas por los animales.

**Fig. 13. Comportamiento del contenido de nitratos en aguas grises vs agua de grifo y almacenada en el barrio El Rodeo**



Fuente: Elaboración propia, 2005

#### **d. Fosfatos**

En la tabla 5 y figura 14, puede apreciarse que el contenido de fosfatos va en aumento desde la muestra 1 (inicio de la canaleta) hasta la muestra 3, que es el punto donde desembocan las aguas grises del barrio hacia el cauce principal.

Tal como se indicaba anteriormente, el incremento del contenido de fosfato está relacionado en gran parte con los jabones y detergentes fosfatados utilizados para lavar la ropa, los trastos de cocina y ducharse. Según Catalán (1981), se considera que el 50% del fósforo presente en las aguas de las zonas urbanas proviene de los detergentes.

#### **4.4.2. Calidad microbiológica de las aguas grises**

Los resultados de los análisis de las aguas grises analizadas indican un fuerte incremento en el número de colonias de coliformes fecales. En el caso de las aguas grises provenientes de El Rodeo, la alta presencia de coliformes está relacionada al aporte de heces fecales de animales domésticos (gatos, perros, entre otros) que circulan por los patios de las viviendas. Entre estos coliformes se encuentran bacterias causantes de enfermedades que pueden afectar a los habitantes del barrio.

Por otro lado, se puede notar en la tabla 6 que en dos de los sitios de muestreo fue difícil de determinar el número de colonias de coliformes presentes en este tipo de agua; también, es notorio los contenidos altos de colonias coliformes fecales en las aguas servidas provenientes del Aeropuerto Internacional, que se vierten al cauce principal y que finalmente llegan al Lago de Managua, contribuyendo a una mayor contaminación de las aguas de este cuerpo de agua natural.

**Tabla 6. Número de colonias de coliformes fecales en aguas grises en seis puntos de muestreo en el barrio El Rodeo. Octubre - Noviembre del 2004.**

	No. Colonias (ml)		
	100	50	100
Fecha	08/10/04	18/10/04	19/11/04
<b><i>Canaleta paralela a la Carretera</i></b>			
1	310	224	240
2	D.P.C.	242	222
3	112	183	D.P.C.
<b><i>Alcantarilla Aeropuerto 1</i></b>			
	220	331	D.P.C.
<b><i>Alcantarilla Aeropuerto 2</i></b>			
	163	184	D.P.C.
<b><i>Cauce principal</i></b>			
	D.P.C.	420	288

D.P.C.: Difícil Para Contar

Fuente: Elaboración propia, 2005

El crecimiento de la población y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha incrementado los niveles de contaminación; en el caso de El Rodeo las aguas de origen doméstico son las que más contribuyen a esta contaminación, principalmente debido al alto porcentaje de materia orgánica y microorganismos de origen fecal.

#### **4.5. Factores relacionados con la salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises**

La salubridad en el manejo del agua envuelve tanto el comportamiento y facilidades para crear un medio ambiente higiénico. Según CPIS/OPS (2002) los hábitos de higiene tienen relación directa con las enfermedades transmisibles. En este sentido, en el barrio El Rodeo se lograron identificar factores de orden estructural, socio-económico, cultural y educativo relacionados con la salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises; entre los factores identificados en este estudio se encuentran los siguientes:

##### **4.5.1. Factores relacionados con el manejo del agua para beber y uso doméstico**

- La falta de acceso directo a la red de distribución del agua potable por parte de muchos hogares pobres y la carencia de recipientes idóneos para almacenar el agua para beber.
- Poca conciencia del riesgo de contaminación del agua al manipularla sin las medidas higiénicas requeridas; por ejemplo, no lavarse las manos después de ir al baño, introducir recipientes sucios, no mantener tapados los recipientes donde se almacena agua para tomar.
- No tomar las suficientes medidas higiénicas en el manejo de los recipientes donde se almacena el agua para beber, con el fin de mantener la calidad del agua; por ejemplo, no lavar ni desinfectar periódicamente los recipientes, no contar con un recipiente debidamente tapado para sacar el agua.
- Falta de implementación de medidas para desinfectar el agua para beber, tales como clorar, hervir el agua o cualquier otro método que garantice un agua segura.
- Pobre cobertura y poco impacto de las actividades de promoción de la salubridad y prevención de enfermedades, por parte de las entidades competentes.
- Falta de estrategias y acciones educativas adecuadas para capacitar a la población y principalmente a los niños y mujeres, en el buen uso y manejo del agua.

##### **4.5.2. Factores relacionados con el manejo de las aguas grises**

- Ausencia de alcantarillado sanitario

- Presencia de un canal y un cauce al aire libre que atraviesan por el barrio, expuestos a acumulación de desechos sólidos que favorecen la retención del agua y por ende la proliferación y dispersión de organismos patógenos y vectores de enfermedades.
- Inexistencia de facilidades educativas y materiales para la implementación de sistemas de tratamiento alternativo de las aguas grises.
- Poca conciencia del riesgo de las enfermedades potenciales debido a la alta carga contaminante de organismos patógenos presentes en las aguas grises, provenientes de la materia orgánica y microorganismos de origen fecal.

## V. CONCLUSIONES

La salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises en el Barrio el Rodeo está relacionada a factores de orden estructural, socio-económico, cultural y educativo. Las condiciones socioeconómicas de la mayoría de los pobladores del barrio El Rodeo son de pobreza, lo cual afecta el acceso a una mejor educación ambiental para poder mejorar sus condiciones higiénico - sanitarias.

Un 40 % de los hogares encuestados en el barrio El Rodeo, almacena en diversos tipos de recipientes el agua para beber y uso doméstico, en donde está expuesta al riesgo de contaminación por una manipulación inadecuada. Las aguas muestreadas de los grifos no presentaron contaminación por coliformes, y los parámetros físico-químicos se encuentran en los rangos permisibles. El agua almacenada presentó contaminación por coliformes fecales, los cuales son indicadores de presencia de otros agentes patógenos.

Entre los factores que afectan el manejo del agua para beber se encuentran la falta de acceso directo a la red de distribución del agua potable, la poca conciencia del riesgo de contaminación del agua al manipularla de manera inadecuada, la falta de medidas higiénicas en el manejo de los recipientes donde se almacena el agua, la pobre cobertura y poco impacto de las actividades de promoción de la salubridad y prevención de enfermedades, así como, la falta de estrategias y acciones educativas adecuadas para capacitar a la población.

El manejo inadecuado de las aguas grises se debe a que no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario o tratamiento de estas aguas. El agua estancada en los cauces, calles o patios de casas da lugar a la proliferación de mosquitos y al aumento de las moscas, que muchas veces son trasmisoras de enfermedades.

## VI. RECOMENDACIONES

- Que las instituciones vinculadas al abastecimiento del agua procuren facilitar el acceso directo a la red de agua potable a aquellos hogares que aun no cuentan con este servicio.
- Desarrollar un sistema de salubridad adaptado a las necesidades y condiciones de los hogares, y sistemas adecuados de almacenamiento y purificación del agua.
- Implementar estrategias y acciones educativas sobre la importancia de la salubridad e higiene del agua, dirigidas a los diferentes sectores de la población, principalmente a niños, niñas y mujeres, ya que estas últimas son las más directamente involucradas en el cuidado de las familias.
- Fortalecer el enfoque de promoción de la salubridad y prevención de enfermedades de origen hídrico, por parte de las entidades con incidencia en el barrio El Rodeo: Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Zona Franca, Ministerio de Recursos Naturales y el Ambiente, Universidad Nacional Agraria, Aeropuerto Internacional.
- Fortalecer la educación en higiene ambiental en la escuela primaria y puesto de salud del barrio El Rodeo, con material didáctico adecuado y técnicas para sensibilizar y educar a la población en el buen uso y manejo del agua para beber y aguas grises.
- Facilitar el acceso de los hogares a conocimientos y recursos para la implementación de sistemas intradomiciliares para el tratamiento de las aguas grises.
- Desarrollar sistemas adecuados para la evacuación de las aguas pluviales y aguas grises provenientes del barrio El Rodeo y el Aeropuerto Internacional, de manera que se disminuyan los riesgos de proliferación y dispersión de organismos patógenos y vectores de enfermedades.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Asano, T. y Levine, D. 1998. "Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse". Takashi Asano (Editor). Technomic Publishing. Lancaster. 1528 pags.
- Brugnoli, O. Ernesto. 1999. Agua en los trópicos. Tribunal Centroamericano del Agua. San José.
- Campos Gómez Irene. 2000. Saneamiento Ambiental. 1ra Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Catalán, J. G. 1981. Química del agua. 2<sup>da</sup> edición. Ed. Bellisco. Madrid. 408 pp.
- Catastro. 1971. Levantamiento de suelo de la región del Pacífico de Nicaragua. Génesis y Clasificación de suelos. Volumen II. Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. Pag. 593-713.
- Catín, L. 1998. Diagnóstico socioeconómico de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Tesis de grado, UNA. Managua. 115 Pág.
- CEPIS-OPS. 2000. Evaluación de los servicios de agua y saneamiento en las Américas. Informe Analítico Nicaragua. [www.cepis-ops.org](http://www.cepis-ops.org)
- Cruz, O. 2003. Informe Nacional de Nicaragua sobre la situación de los mecanismos institucionales y de gobierno para hacer realidad la visión del agua para el hemisferio. MARENA. Managua.
- De Zuane J. 1990. Drinking water quality Standards and controls. Ed. Van Nostrand Reinhold. 1990. Pag. 30-33.
- Glynn, H. & Garay, H. 1999. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Prentice Hall. México.
- Gordon, M.; John Geyer & Daniel Okun. 1976. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial LIMUSA. México.
- Gray, N. 1994. Calidad del agua potable problemas y soluciones. Editorial ACRIBIA. Zaragoza.
- INAA. 1998. Plan de Desarrollo del Sector Agua y Saneamiento de Nicaragua en el Período 1998-2000.
- Maldonado D, Restrepo J. 1993 Estudio del paciente con enfermedad respiratoria y procedimientos diagnósticos. En: Fundamentos de Medicina. Neumología.
- MARENA. 2003. Informe Nacional de Nicaragua sobre la situación de los mecanismos institucionales y de gobierno para hacer realidad la visión del agua para el hemisferio.
- MINSA. 2003. Perfil de país: Nicaragua. [www.ops.org](http://www.ops.org)

- Normas CAPRE. 1994. "Normas de calidad del agua para consumo humano". Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América Panamá y República Dominicana. Primera edición revisada de 1994. San José Costa Rica. Pag 20-21.
- OMS (2004). Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. Hechos y cifras – actualización de noviembre 2004. <http://www.who.int/http:www.who.int/>
- OMS. 1998. Sanitation promotion. WSSCC, OMS. 156 pp.
- OPS. 1982. Control de vectores con posterioridad a desastres naturales. Publicación Científica N° 419.
- OPS. Agua, esencia de la vida: la OPS se esfuerza en aumentar su suministro en las Américas: [www.paho.org/spanish/dpi/100feature39,htm](http://www.paho.org/spanish/dpi/100feature39.htm)
- PRASNIC. 2002. Manual Para Operadores de Agua Potable. Gobierno de Nicaragua, Unión Europea.
- Rodríguez Vivanco J, 2003. Reutilizar el agua. Ecología de la vida cotidiana. <http://www.mma.es/ceneam>.
- CENEAM. 2003.
- Rojas, R. 2002. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo. OMS, OPS, CEPIS. Lima.
- SUWaR – Nicaragua. 1995. Estrategia de protección para el acuífero de Managua. Resumen. ASDI.
- UNESCO. 2003. Abastecimiento de agua y saneamiento. [www.wateryear2003.org/es](http://www.wateryear2003.org/es).
- UNESCO. 2003. Hechos y cifras: Agua y Salud. [www.wateryear2003.org/es](http://www.wateryear2003.org/es).
- UNICEF. 1998. El agua para tomar. Manual de Educación Sanitaria para la persona facilitadora. Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional. Gobierno de El Salvador. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/pciudadana/aguaman/aguaman.html>
- Velásquez.1999. Caracterización de los recursos hídricos y edáficos de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del lago de Managua. Tesis de grado. UNA. Managua.
- WHO. 2004. Sanitation challenges: Turning commitment into reality. [www.who.org](http://www.who.org)
- World Health Organization (WHO). 2002. Managing Water in the Home: Accelerated Health Gains from Improved Water Supply. [www.who.org](http://www.who.org).

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Parámetro para la calidad del agua Normas CAPRE, 1999

#### 1.1. Parámetros Biológicos

Origen	Parámetros (b)	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Observación
A- Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
B- Agua que entra en el sistema de distribución	Coliforme fecal Coliforme total	Negativo Negativo	Negativo < 4	En muestras no consecutivas
C- Agua en el sistema de distribución	Coliforme total Coliforme fecal	Negativo Negativo	< 4	En muestras puntuales no debe ser detectado En el 95 % de las muestras anuales

Fuente: Normas CAPRE, 1999

#### 1.2. Parámetros físico-químicos

Parámetro	Unidades	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Temperatura	° C	18 a 30	
Concentración iones hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5	
Cloro residual	mg / l	0.5 a 1.0	5
Cloruro	mg / l	25	250
Conductividad	us / cm	400	
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg / l	25	250
Aluminio	mg / l		0.2
Calcio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg / l	1	2.0
Magnesio	mg/l Mg CO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg / l	25	200
Potasio	mg / l		10
Sol Total Disuelta	mg / l		1000
Zinc	mg / l		3.0

Fuente: Normas CAPRE, 1999

### 1.3. Parámetros organolépticos

Parámetros	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Color verdadero	mg/l ( pt-Co )	1	15
Turbiedad	UTN	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12° C 3 a 25° C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12° C 3 a 25° C

Fuente: Normas CAPRE, 1999

### 1.4. Dureza del agua

Cantidades de jabón y detergente y de jabón puro que se desperdician por cada grado de dureza de una determinada agua

Mg/L CaCO <sub>3</sub>	Desperdicio por cada 1000 litros de agua	
	Partes iguales de jabón y detergente (gr)	Jabón puro (gr)
5	120	95
10	240	190
20	480	380
30	720	570
40	960	760
50	1200	950
100	2400	1900
200	4800	3800

Fuente: Catalán, 1981

### 1.5. Indicadores de riesgo de diarrea

Indicador	Características	Riesgo
1. Fuente del agua de consumo en el hogar	Privada	Bajo
	Comunitaria	Alto
	Red municipal	Bajo
	Río/manantial	Medio
2. Tratamiento del agua	Sí, con cloro	Bajo
3. Almacenamiento del agua	No	Bajo
	Sí en tinaco / tanque elevado / cisterna	Medio
4. Servicio sanitario (inodoro)	Interior/exterior, taza sin agua entubada	Medio
	Exterior, letrina / aire libre	Alto

Fuente: Catalán, 1998.

### 1.6. Principales enfermedades de origen hídrico

Enfermedad	Agente
<b>Origen bacteriano</b>	
Fiebres tifoideas y paratifoideas	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella</i> <i>Paratyphi A y B</i>
Disentería bacilar	<i>Shigella</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastroenteritis agudas y diarreas	<i>Escherichia coli</i> ET <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella</i> sp <i>Shigella</i> sp
<b>Origen viral</b>	
Hepatitis A y E	Virus de la hepatitis A y E
Poliomielitis	Virus de la polio
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus Nortwalk Rotavirus Astrovirus Calicivirus Enterovirus Adenovirus Reovirus
<b>Origen parasitario</b>	
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cristosporidium</i>

Fuente: OPS, 2000

## **Anexo 2. Preguntas para grupos focales de mujeres del barrio El Rodeo**

Qué formas de manipulación causan contaminación del agua que se usa para tomar, lavar trastes y cocinar?

¿Quiénes en la familia manipulan bien el agua?

¿Quiénes la manipulan mal? ¿Por que? Y ¿A que se debe que se realicen estas malas acciones?

¿Qué acciones se deberían realizar para una mejor manipulación del agua y evitar su contaminación?

¿Qué se ha hecho hasta ahora para manipular bien el agua y evitar su contaminación?

¿Qué les motivaría a cambiar a buenas prácticas?

¿Qué servicios o materiales necesita la gente para llevar a cabo las prácticas seguras de manejo del agua?

**ANEXO 3. ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DEL MANEJO DEL AGUA POTABLE Y GRIS EN EL BARRIO EL RODEO, MANAGUA**

Nombre encuestador(a): \_\_\_\_\_

Fecha de llenado.: \_\_\_\_\_

Nombre del jefe (a) de familia : \_\_\_\_\_

**DATOS DEMOGRÁFICOS**

	Parentesco (Y3)	Edad (X2)	Escolaridad (X3)	Viven en casa (Y4)	Trabajo temporal				T. permanente		
					Activ. (Y7)	Nº días (X4)	Sal./día (X5)	Total (X6)	Activ. (Y8)	Sal./mes (X7)	Total (X8)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Y3

Y4, Y5, Y6

Y7, Y8

(1)padre, (2)madre, (3)hijo, (4)hija, (5)nieto, (6)nieta, (7)yerno, (8)nuera, (9)otros

(1)Si, (0)No

(1)empleado, (2)artesano, (3) comercio, (4)oficio, (5) doméstica, (6)construcción, (7)otros

◆ Desde cuando habita en el barrio: \_\_\_\_\_

## II. Viviendas y servicios básicos

### ❖ Tipo de construcción de viviendas

- Paredes: Madera \_\_\_\_\_, Piedra, ladrillo \_\_\_\_\_, Barro \_\_\_\_\_, Paja, palma \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_-
- Techo: Zinc \_\_\_\_\_, Teja \_\_\_\_\_, Paja, palma \_\_\_\_\_, Madera \_\_\_\_\_
  - Piso: Cemento \_\_\_\_\_ suelo \_\_\_\_\_ madera \_\_\_\_\_ ladrillo \_\_\_\_\_
  - Letrinas: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_; Cemento \_\_\_\_\_ madera \_\_\_\_\_ plástico \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_
- Piso: Cemento \_\_\_\_\_ suelo \_\_\_\_\_, otros \_\_\_\_\_
- Inodoro: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ dentro \_\_\_\_\_ fuera \_\_\_\_\_
- Baño: si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ dentro \_\_\_\_\_ fuera \_\_\_\_\_  
Piso: Cemento \_\_\_\_\_ suelo \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_  
Paredes: Cemento \_\_\_\_\_ madera \_\_\_\_\_ plástico \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_
- Cocina: dentro \_\_\_\_\_ fuera \_\_\_\_\_, piso: suelo \_\_\_\_\_ cemento \_\_\_\_\_ ladrillo \_\_\_\_\_  
Paredes: madera \_\_\_\_\_ cemento \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_, cerrada \_\_\_\_\_ semiabierta \_\_\_\_\_  
Tipo de energía: Leña \_\_\_\_\_ butano \_\_\_\_\_ eléctrica \_\_\_\_\_  
Lavatrastos: dentro \_\_\_\_\_ fuera \_\_\_\_\_, pantry \_\_\_\_\_, lavadero \_\_\_\_\_ otro \_\_\_\_\_
- Dormitorios: cuantos \_\_\_\_\_, división: madera \_\_\_\_\_ cortina \_\_\_\_\_ cemento \_\_\_\_\_  
Cuantas personas por dormitorio \_\_\_\_\_

### Servicios básicos

- Energía eléctrica: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_, Medidor individual \_\_\_\_\_, colectivo \_\_\_\_\_ otro \_\_\_\_\_
- Agua potable: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_, Medidor individual \_\_\_\_\_, colectivo \_\_\_\_\_ otro \_\_\_\_\_

## III. Abastecimiento y manejo del Agua

De donde toman el agua? :Red de tuberías \_\_\_\_\_ Pozo \_\_\_\_\_ Tanque \_\_\_\_\_ Del vecino \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_.

El agua llega diariamente a su hogar? :Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

---

Almacena agua para tomar? Si \_\_\_\_\_ En que? \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cada cuanto tiempo cambia el agua del recipiente donde la guardan? \_\_\_\_\_

Cada cuanto limpian el recipiente y con que lo limpian \_\_\_\_\_

Tapan el recipiente donde guardan el agua? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

Con que sacan el agua cuando la van a utilizar? \_\_\_\_\_

**Almacena agua para cocinar:** Si \_\_\_\_\_ En que? \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cada cuanto tiempo cambia el agua del recipiente donde la guardan: \_\_\_\_\_

Cada cuanto limpian el recipiente y con que lo limpian \_\_\_\_\_

Tapan el recipiente donde guardan el agua? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

Con que sacan el agua cuando la van a utilizar? \_\_\_\_\_

Almacena agua para aseo personal: Si \_\_\_\_\_ En que \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cada cuanto tiempo cambia el agua del recipiente donde la guardan: \_\_\_\_\_

Cada cuanto limpian el recipiente y con que lo limpian \_\_\_\_\_

Tapan el recipiente donde guardan el agua? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

Con que sacan el agua cuando la van a utilizar? \_\_\_\_\_

Medidas: de higiene tomadas en casa: \_\_\_\_\_

### **Manejo del agua grises**

Que hacen con el agua después de utilizarla:

Del baño:

De lavar la ropa:

De la cocina:

Utilizan cloro para lavar ropa: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Que marca de detergente y jabón utilizan para lavar ropa \_\_\_\_\_

Que marca de jabón y champoo de baño utilizan \_\_\_\_\_

Que marca de jabón de lavar trastes utilizan. \_\_\_\_\_

Enfermedades más comunes

Que enfermedades son las que mas se presentan en su casa: \_\_\_\_\_

---

Por que cree que surgen estas enfermedades:

---

Cuando se enferman, se automedican?: Si \_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

---

No \_\_\_\_

Cuando se enferman van al centro de salud?: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

---

Sabe usted como prevenir estas enfermedades? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ha puesto en práctica esas actividades preventivas .Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Por que \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **Anexo 4. Guía sobre aspectos a abordar con las instituciones vinculadas al manejo del agua potable y aguas grises en el barrio El Rodeo, Managua**

Nombre de Institución: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

##### **Aspectos a abordar:**

##### **ENACAL**

- 1.- Ubicación y descripción del sistema de abastecimiento de agua potable del Barrio El Rodeo (diagrama, capacidad del pozo, tanque, tuberías, tipo de material y vida útil).
- 2.- Descripción del mantenimiento del sistema de abastecimiento, periodicidad del mantenimiento.
- 3.- Descripción del tratamiento del agua en el pozo, tanques, tuberías y cada cuanto tiempo se realiza.
- 4.- Descripción del monitoreo del agua en el sistema, y parámetros de evaluación y periodicidad del muestreo.
- 5.- Número de usuarios y demanda del líquido en el barrio.

## **Anexo 5.**

### **Guía sobre aspectos a abordar con las instituciones vinculadas al manejo del agua potable y aguas grises en el Barrio El Rodeo, Managua**

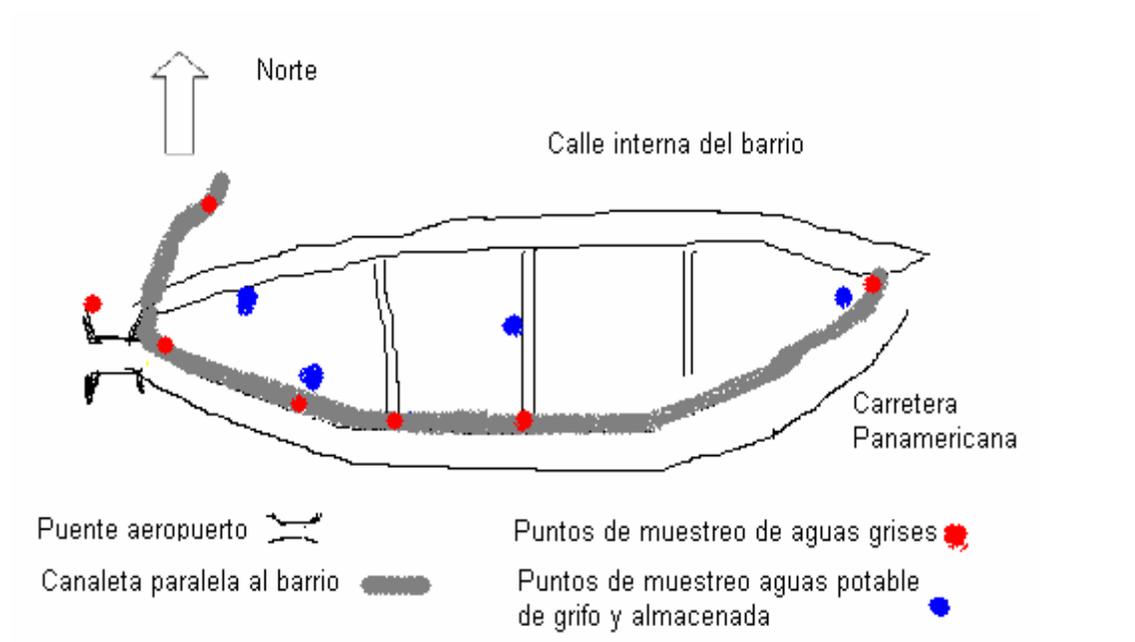
Nombre de Institución: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

#### **MINSA**

1. Censo de la población del barrio El Rodeo.
2. Estadísticas de los hogares con agua potable, letrinas, servicios higiénicos.
3. Información sobre el manejo del agua (potable y residual) de los pobladores del barrio.
4. Cuales son las enfermedades más comunes que padecen los habitantes del barrio El Rodeo y las causas que la provocan.
5. Cuales de esas enfermedades pueden estar relacionadas con el manejo del agua potable.
6. Cuales de esas enfermedades pueden estar relacionadas con el manejo agua gris.
7. Que seguimiento se le da a los habitantes para el tratamiento de las enfermedades.
8. Que medidas preventivas impulsa el Centro de Salud para prevenir estas enfermedades.
9. Participación de la población en las campañas preventivas.
10. Que limitantes enfrenta el Centro de Salud para atender la problemática del manejo del agua potable y gris en el Barrio (material, humana).

**ANEXOS 6. Mapa de los puntos de muestreo de agua potable y aguas grises en el barrio El Rodeo**



## INDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo General .....	3
1.1.2. Objetivos específicos .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Características físicas del agua .....	4
2.1.1. El sabor y olor .....	4
2.1.2. La turbidez .....	4
2.1.3. Conductividad eléctrica .....	4
2.2. Características químicas del agua .....	5
2.2.1. pH .....	5
2.2.3. La dureza .....	6
2.2.4. Fósforo .....	6
2.3. Calidad del agua .....	7
2.4. Contaminación del agua .....	7
2.5. Aguas residuales .....	8
2.5.1. Patógenos .....	8
2.6. Efectos de la contaminación del agua sobre la salud .....	8
2.6.1. Vectores de enfermedades que se desarrollan en el agua almacenada o estancada .....	10
2.7. Agua y saneamiento .....	10
2.8. Reutilización de aguas grises .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
3.1. Características generales del área de estudio .....	12
3.1.1. Características biofísicas .....	12
3.2. Metodología del estudio .....	13
3.2.1. Entrevista semi-estructurada a hogares .....	13
3.2.2. Observación de campo .....	13
3.2.3. Entrevista semi-estructurada a personal del centro de salud .....	13
3.2.4. Muestreo y análisis del agua potable y aguas grises .....	14
3.2.5. Procesamiento de la información .....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
4.1. Aspectos socio- demográficos .....	17

4.1.1. Infraestructura y servicios básicos. ....	19
4.2. Manejo del agua para consumo y uso doméstico .....	21
4.2.1. Abastecimiento de agua para sus diferentes usos en el barrio El Rodeo .....	21
4.2.2. Manejo del agua para consumo humano doméstico .....	22
4.3. Calidad del agua para tomar y de uso doméstico .....	22
4.3.1. Calidad físico-química del agua en el mes de octubre del 2004 .....	22
4.3.2. Calidad físico-química del agua en el mes de Noviembre del 2004 .....	25
4.3.3. Calidad microbiológica del agua potable.....	26
4.4. Manejo de las aguas grises en el barrio El Rodeo .....	27
4.4.1. Calidad físico-química de las aguas grises .....	30
4.4.2. Calidad microbiológica de las aguas grises.....	32
4.5. Factores relacionados con la salubridad en el manejo del agua potable y aguas grises .....	34
4.5.1. Factores relacionados con el manejo del agua para beber y uso doméstico .....	34
4.5.2. Factores relacionados con el manejo de las aguas grises .....	34
V. CONCLUSIONES .....	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
VII. BIBLIOGRAFIA.....	38
VIII. ANEXOS .....	40
Anexo 1. Parámetro para la calidad del agua Normas CAPRE, 1999.....	40
Anexo 2. Preguntas para grupos focales de mujeres del barrio El Rodeo .....	43
Anexo 3. Encuesta para el estudio del manejo del agua potable y aguas grises en el barrio El Rodeo, Managua .....	44
Anexo 4. Guía sobre aspectos a abordar con las instituciones vinculadas al manejo del agua potable y gris en el barrio El rodeo, Managua .....	47