INDICE

INDICE DE CUADROS……... iv
INDICE DE FIGURAS……..... v
RESUMEN……..... vi
I. INTRODUCCIÓN……. viii
1.1 JUSTIFICACIÓN……..... x
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..... xi
1.3 OBJETIVO……... xii
1.4 HIPOTESIS……. xiii

II. MARCO TEORICO…….. 1
2.1 El agua: Elemento vital……. 1
2.1.1 Calidad necesaria para su uso……. 1
2.2 Ciclo hidrológico……. 2
2.2.1 Evaporación……. 3
2.2.2 Condensación……. 4
2.2.3 Precipitación……..... 4
2.3 Abundancia…….. 5
2.3.1 Cantidad de agua……..... 6
2.4 Fuentes aprovechables de agua…….. 6
2.4.1 Agua superficial……... 6
2.4.1.1 Manantiales……... 7
2.4.1.2 Ríos……... 7
2.4.1.3 Lagos naturales……... 7
2.4.1.4 Embalses……. 8
2.4.2 Agua subterránea……... 8
2.4.2.1 Acuíferos……... 9
2.4.2.2 Pozos poco profundos……... 9
2.4.2.3 Pozos profundos……. 11

2.4.2.4 Calidad del agua subterránea……..... 11
2.4.2.5 Vulnerabilidad del agua subterránea a contaminación…….. . 11
2.4.2.6 Contaminación del agua subterránea……... 12
2.5 Características del agua……..... 12
2.5.1 Bacteriológicas……..... 12
2.5.2 Físicas…….. 13
2.5.3 Químicas…….. 14
2.6 Fundamentación de los análisis fisicoquímicos…….. . 15
2.6.1 pH…….. 16
2.6.2 Sólidos disueltos totales……..... 16
2.6.3 Conductividad eléctrica…… 17
2.6.4 Alcalinidad……... 17
2.6.5 Dureza…….. 17
2.6.6 Sulfatos…… 17
2.6.7 Cloruros……..... 18
2.6.8 Sodio…… 18
2.7 Marco legal en materia de calidad del agua…….. 18
2.7.1 Modificación a la NOM-127-SSA1-1994…… 18

III. MATERIALES Y METODOS……..... 20
3.1 Localización de la zona de estudio…… 20
3.2 Sitios de muestreo…… 22
3.3 Periodo de muestreo…… 22
3.4 Toma y manejo de la muestra…… 23
3.4.1 Preparación material..... 23
3.4.2 Muestreo, trasporte y almacenamiento..... 23
3.5Metodología aplicada……..... 24

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……..... 25
4.1 Análisis fisicoquímicos…….. 25

4.1.1 pH…….. 25
4.1.2 Sólidos disueltos totales……..... 26
4.1.3 Conductividad eléctrica…… 27
4.1.4 Alcalinidad……... 27
4.1.5 Dureza…… 28
4.1.6 Sulfatos……... 28
4.1.7 Cloruros……... 29
4.1.8 Sodio……... 30
4.1.9 Cloro residual…… 30

CONCLUSIONES…… 32
BIBLIOGRAFIA……... 34
ANEXOS……... 36

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Contenido de constituyentes químicos en el agua para uso y consumo humano……	19
2	Sitios de muestreo……...	22
3	Fechas de muestreo……	23
4	Parámetros y métodos de análisis……	24

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo hidrológico……...	3
2	Distribución del agua en la tierra……...	5
3	División del agua del subsuelo…….....	10
4	Mapa del Ejido Guadalupe Victoria.....	20
5	Pozo del Ejido Guadalupe Victoria……...	21
6	Comportamiento de pH durante el periodo de muestreo…….....	26
7	Comportamiento de sólidos disueltos en el periodo feb. a jul. de 2004……...	26
8	Conductividad eléctrica en el lapso de feb. a jul. de 2004…….....	27
9	Comportamiento de alcalinidad en los puntos de muestreo….....	27
10	Comportamiento de dureza en el lapso de feb. a jul. de 2004.....	28
11	Comportamiento de sulfatos en los puntos de muestreo…….....	29
12	Comportamiento de cloruros en el periodo feb. a jul. de 2004....	29
13	Comportamiento de sodio en los puntos de muestreo…….....	30
14	Comportamiento del nivel de cloro residual en los puntos muestreo……...	31

RESUMEN

El agua en la actualidad juega un papel muy importante ya que es un elemento indispensable para la vida. Cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo.

El aspecto del agua no basta para conocer si es apropiada para el uso humano, especialmente si es bebida, pues puede contener sales que actúan como venenos al ingerirlos por un tiempo prolongado, aunque sea lentamente, o bacterias y parásitos que producen enfermedades y que no son apreciables a simple vista. Cuantas sorpresas ofrecen los análisis químicos y bacteriológicos en aguas de aspecto limpio, sin olor alguno y aun de sabor agradable. (Manual de saneamiento, 1998)

Los habitantes de la comunidad han manifestado su preocupación por la calidad del agua, específicamente sabor y olor y además no tienen antecedentes de estudios anteriores del agua del pozo del lugar.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad fisicoquímica del agua para consumo humano del Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora. Este estudio se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre los meses de febrero a julio de 2004 en los laboratorios de Análisis de Agua-Suelo-Planta del Instituto Tecnológico de Sonora.

Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron pH, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, alcalinidad total, dureza total, sulfatos, cloruros,

sodio y cloro residual de acuerdo con las metodologías establecidas por la Norma Oficial Mexicana (NOM).

La calidad del agua de pozo fue satisfactoria, en cuanto a pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total y sodio. Pero la dureza total, sulfatos, cloruros y de cloro residual excedieron los limites establecidos por la NOM-127-SSA1-1994.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento indispensable para la vida. Cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo.

El hombre la utiliza como elemento para su nutrición, sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el lavado de platos y ropa; para el baño, proporciona comodidad y resuelve numerosos problemas de su vida cotidiana produciendo electricidad.

Pero la salud humana, depende no solo de la cantidad, sino también de la calidad del agua que se utiliza. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) “casi la cuarta parte de las camas disponibles en todos los hospitales del mundo están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua”. Esto quiere decir que cuando el agua, entra en contacto con la tierra o con el hombre se modificado su composición, ya que puede convertirse en un peligro y ocasionar grandes daños.

El aspecto del agua no basta para conocer si es apropiada para el uso humano, especialmente si es bebida, pues puede contener sales que actúen como venenos, aunque sea lentamente, o bacterias y parásitos que produzcan enfermedades y que no son apreciables a simple vista. Cuantas sorpresas ofrecen los análisis químicos y bacteriológicos en aguas de aspecto limpio, sin olor alguno y aun de sabor agradable (Manual de saneamiento, 1998).

Los residentes del Valle del Yaqui, se caracterizan por ser una población estable, que radica casi toda su vida en el mismo lugar, por lo que los convierte en un grupo de estudio ideal para evaluar parámetros fisicoquímicos que pudieran ocasionar sabor desagradable.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora se cuenta actualmente con una población aproximadamente de 273 habitantes; la comunidad cuenta con un pozo que los abastece de agua para uso y consumo domestico, así como para el riego de jardines y huertas familiares. Cercano al caserío circulan dos drenes de aguas residuales. Los habitantes de la comunidad han manifestado su preocupación por la calidad del agua, específicamente sabor y olor y además no tienen antecedentes de estudios anteriores del agua del pozo del lugar.

Es por ello que el evaluar la calidad del agua se ha vuelto una necesidad para garantizar que el agua que sé esta utilizando para consumo humano es de buena calidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora ubicado en el Block 604, actualmente cuenta con un pozo que los abastece de agua para uso y consumo, pero la calidad del agua en cuanto a olor y sabor es desagradable lo que lleva al rechazo de los residentes del lugar a consumirla.

1.3 OBJETIVO

General:

Determinar la calidad fisicoquímica del agua de pozo usada como fuente de abastecimiento humano, del Ejido Guadalupe Victoria para comprobar si es segura para su consumo de acuerdo a la normatividad NOM- 127-SSA1-1994.

1.4 HIPÓTESIS

El agua de pozo de la comunidad del Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora, no cumple con todos los lineamientos de calidad fisicoquímica establecidos por la NOM-127-SSA1-1994.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 El Agua: Elemento Vital

El agua es del todo fundamental para la vida tal como la conocemos. Sin agua es difícil imaginar alguna forma de vida. Por fortuna la tierra esta casi inundada: un volumen de alrededor de 1400 millones de kilómetros cúbicos cubre el 71% de la superficie terrestre. Aun así, en muchas partes no es fácil obtener las cantidades necesarias (Nebel, 1999).

El hombre puede vivir dos meses sin alimento, pero morirá en menos de una semana sin agua. El agua tiene muchas funciones en el cuerpo humano; sirve como un solvente que promueve la actividad química; también sirve como modo de transporte para los nutrientes, las hormonas, las enzimas, los minerales, los desechos nitrogenados y los gases de la respiración. Tiene funciones termorreguladoras. El adulto promedio pierde 2.5 litros diariamente: 1.5 por la orina, medio por el sudor y medio por la respiración (Owen, 2000).

Sin duda alguna, el agua es el solvente más abundante, y es capaz de incorporar grandes cantidades de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los que circula (Custodio, Llamas 1996).

2.1.1 Calidad necesaria para su uso.

El agua de cualquier fuente debe ser adecuada para los propósitos previstos. El agua para beber debe de estar libre de organismos patógenos; en otras palabras,

deberá tener buena calidad biológica. También sus características físicas y químicas deben ser adecuadas. En términos químicos, no deberá tener material disuelto o en suspensión que pueda ser negativo para la salud o dar al agua un sabor desagradable. Desde el punto de vista físico, no deberá tener temperatura, color y transparencia objetables (Price, 2003).

El agua pura es un elemento artificial. Las aguas naturales siempre contienen materias extrañas en solución y en suspensión en proporciones muy variables. Estas substancias pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua.

El exceso de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio producen incrustaciones en tuberías, causa dureza en el agua que, entre otros inconvenientes, obliga a consumos elevados de jabón.

El exceso de sales (cloruros y sulfatos) produce un sabor desagradable y limita su uso. Sin embargo hay poblaciones que consumen agua con 2000 mg/l, que actuaría como laxante en personas no acostumbradas a ingerir tales cantidades (Manual de saneamiento, 1998).

Por seguridad de los consumidores, varias agencias establecen normas muy estrictas que deben ser cumplidas por las empresas u organismos que abastecen el agua (Price, 2003).

2.2 Ciclo hidrológico

Aunque el agua participa químicamente en la fotosíntesis, la mayor parte del movimiento del agua a través del ecosistema ocurre por procesos físicos de evaporación, transpiración y precipitación (Figura 1). La energía luminosa y calorífica absorbida por el agua realiza el trabajo de evaporación. La condensación del vapor del agua atmosférico para formar nubes libera la energía potencial en el

vapor de agua como calor. Sobre La tierra la precipitación excede a la evaporación y a la transpiración. Sobre los océanos la evaporación excede a la precipitación en una cantidad similar. Gran parte del agua que se evapora de las superficies de los océanos es llevada por los vientos a los continentes, donde es capturada como precipitación por el suelo (Ricklefs, 1998).

La evaporación y la precipitación se encuentran estrechamente relacionadas por que la atmósfera tiene una capacidad limitada para mantener vapor de agua; cualquier aumento de la evaporación del agua en la atmósfera crea un exceso de vapor y produce un incremento igual en la precipitación (Ricklefs, 1998).

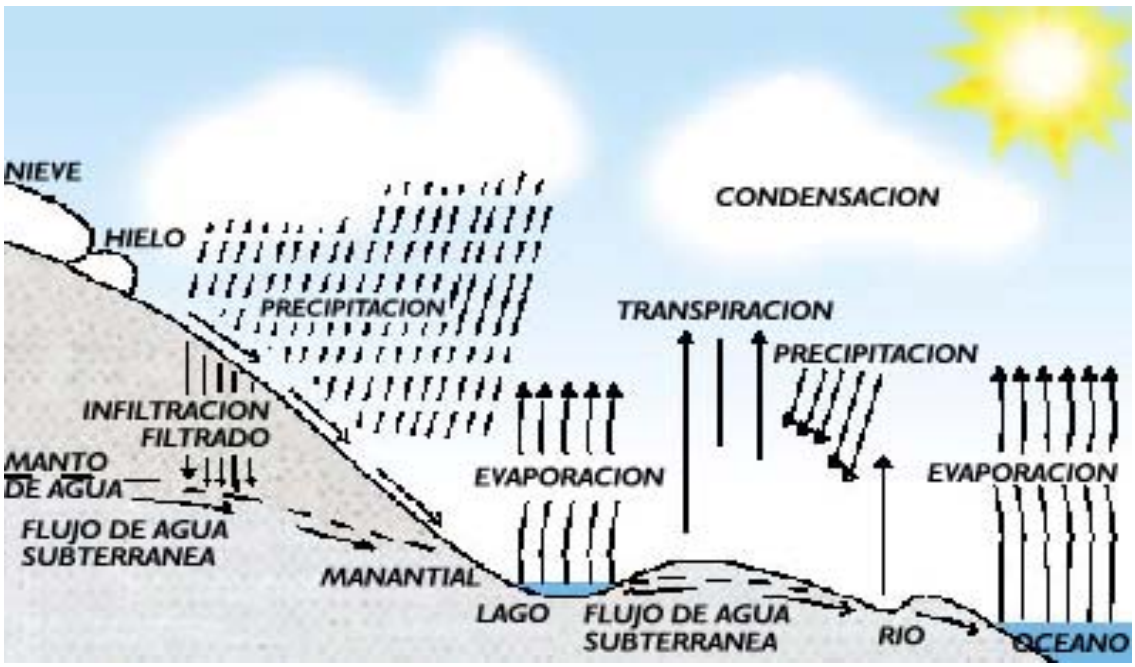

Figura 1. Ciclo hidrológico
Fuente: www.erres.org.uy/agua.htm

2.2.1 Evaporación.

Si las moléculas de agua absorben energía solar o artificial, la energía que adquieren bastaría para separarse y escapar a la atmósfera; es el fenómeno que conocemos como evaporación, y se dice que las moléculas de agua se encuentran en estado gaseoso.

Hablamos de las moléculas de agua en el aire como vapor de agua, cuya concentración en la atmósfera es la humedad. Esta se mide como humedad relativa, es decir la cantidad de vapor de agua como porcentaje del que retiene el aire a esa temperatura (Nebel, 1999).

2.2.2 Condensación.

Esta consiste en que las moléculas de agua se vuelven a unir mediante enlaces de hidrógeno para formar agua líquida o hielo. Si las gotitas se forman en la atmósfera, el resultado es niebla o bruma; si se forman en las superficies frías de la vegetación, el resultado es rocío. Si la temperatura es inferior al punto de congelación, el vapor se convierte en los cristales de hielo que forman la nieve o la escarcha.

Un aspecto muy importante de la evaporación y la condensación es que dan por resultado la purificación del agua. Cuando el agua se evapora, las moléculas se desprenden de las superficies y dejan las sales y otros sólidos que hubieran estado suspendidos. El agua condensada, pues, esta purificada, salvo cuando arrastra contaminantes de la atmósfera (Nebel, 1999).

2.2.3 Precipitación.

La distribución de lluvias, que va de cero en algunas regiones a mas de 2.5 metros en otras, depende en esencia de los sistemas ascendentes y descendentes de las corrientes de aire. Cuando el aire se eleva, hay enfriamiento y condensación y el resultado es lluvia. Cuando desciende, se calienta, causa un aumento en la evaporación y sequedad.

El agua de lluvia que cae a los suelos se abre paso por corrientes, arroyos, ríos y lagos hasta los mares. En su camino, arrastran todo el tiempo sales de la tierra

hacia lugares en los que la única salida del agua es por evaporación, de modo que las sales se acumulan en esos puntos (Nebel, 1999).

2.3 Abundancia

Hay una vasta cantidad de agua presente en la tierra y la atmósfera circundante; cerca del 7 % de la masa de la tierra es agua. Sin embargo, el 97 % de toda el agua se encuentra como agua salada en los océanos y gran parte del 3 % restante que es el agua dulce está congelada en los casquetes polares. Así, solo cerca del 0.7 % del agua de la tierra forma los lagos y ríos de aguas dulces, los acuíferos accesibles y está presente en la atmósfera (Figura 2). No obstante, si tanto el agua como la población estuvieran distribuida uniformemente sobre la superficie de la tierra, no habría escasez de agua; pero si la hay porque la distribución de la superficie de la tierra del agua de lluvia es desigual y las áreas urbanas densamente pobladas consumen grandes cantidades de agua. La ciencia de la hidrología, que trata de la administración del ciclo hidrológico y sus recursos hidráulicos, desempeña un papel importante en la satisfacción de las demandas siempre crecientes de agua en el mundo en vías de desarrollo (Tebbutt, 1999).

Figura 2. Distribución del agua en la tierra
Fuente: Tebbutt, 1999.

2.3.1 Cantidad de agua.

Una de las preocupaciones fundamentales de las autoridades encargadas de dotar agua a una población, es verificar si el servicio, fundamentalmente la fuente de abastecimiento, es capaza de satisfacer el consumo de esa población, tanto en el presente como en el plazo de previsión, que se estima en 30 años (Opazo, 1999).

2.4 Fuentes aprovechables de aguas

Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su fuente original, lo cual depende de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio.

Para el abastecimiento público de agua se usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos. Las razones para elegir uno u otro son muchas, incluyen consideraciones tales como la calidad, la cantidad disponible, la seguridad de abastecimiento y el costo de construcción y operación (Dpto. de Sanidad del estado de NY, 2002).

2.4.1 Agua superficial.

Los escurrimientos pluviales fluyen por la superficie hasta los arroyos y ríos que se dirigen al océano o a los mares interiores. Todo el territorio que aporta agua a determinado río recibe el nombre de cuenca de tal río. Todos los estanques, arroyos, ríos y otros depósitos de agua de la Tierra se denominan aguas superficiales (Nebel, 1999).

Por lo general, las grandes ciudades dependen de abastecimientos superficiales, y en la mayoría de los casos las aguas superficiales, ya sean de corrientes, lagos o

embalses, no son seguras para el consumo humano y requieren tratamiento (Dpto. de Sanidad del estado de NY, 2002).

2.4.1.1 Manantiales.

Normalmente el agua de manantial es de buena calidad siempre que se obtenga de un acuífero y no sea simplemente la descarga de una corriente que ha recorrido una distancia subterránea corta. Es importante conservar la buena calidad del agua para lo cual se necesita proteger el manantial y sus alrededores de la contaminación que causa el hombre así como también los animales (Tebbutt, 1999).

2.4.1.2 Ríos.

El agua de los ríos habitualmente se encuentra en el camino de regreso al almacenamiento principal del agua de la Tierra: los océanos, aunque existen algunas excepciones. Una porción del agua se evapora de la superficie de los ríos y regresa a la atmósfera. En ciertas condiciones específicas, el agua puede fluir desde un río hacia el suelo, por lo que se reconoce que las corrientes pueden ceder agua a los acuíferos, a la vez que pueden utilizarlos para alimentarse de otras aguas (Price, 2003).

2.4.1.3 Lagos naturales.

Los lagos pueden proporcionar agua de calidad excepcionalmente buena, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o fuertes corrientes. Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de agua prácticamente ilimitadas constituye una ventaja decisiva (Dpto. de Sanidad del estado de NY, 2002).

2.4.1.4 Embalses.

La cantidad de agua que lleva una corriente está sujeta a muy grandes variaciones de un día a otro, así como durante las diferentes épocas de año. Cuando el consumo de agua es mayor, o incluso cercano al del caudal de la corriente, puede ser necesario construir una represa, creando así un embalse para almacenar el agua durante la temporada de lluvias, la cual será utilizada durante la subsiguiente época de estiaje. Los embalses tienen, además, la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o enturbamiento del agua, por sedimentación, durante el almacenamiento. Puede haber ventajas adicionales, tales como la disminución de bacterias, y también desventajas, como la producción de olores y sabores provocados por algas (Dpto. de sanidad del estado de NY, 2002).

2.4.2 Agua subterránea.

El agua infiltrada que no retiene el suelo se llama agua de gravedad, por que la fuerza de gravedad la hace escurrir o filtrarse hacia abajo por poros y grietas. Tarde o temprano, llega a un estrato impermeable de roca o arcilla densa, donde se acumula y llena todas las cavidades. Este depósito acumulado recibe el nombre de manto freático, y su parte superior es el nivel freático o hidrostático. El agua de gravedad se convierte en freático en cuanto llega al nivel freático, de la misma manera que la lluvia se convierte en parte del lago en el momento en que toca la superficie. (Figura 3). Los pozos se cavan mas allá del nivel freático; entonces el agua freática, que tiene la libertad de desplazamiento en el pozo lo llena hasta el nivel freático (Nebel, 1999).

Esta zona comprende: zona de saturación y zona de aeración, mismas que quedan separadas por el nivel freático. En la zona de saturación, las cavidades están llenas de agua bajo presión hidrostática y reciben el nombre de aguas subterráneas, las que a su vez se dividen en freáticas y artesianas. La profundidad del nivel freático depende de la topografía y estructura del subsuelo. Las aguas de

la zona de saturación constituyen las fuentes subterráneas de abastecimiento (Manual de saneamiento, 1998).

2.4.2.1 Acuíferos.

Oscar Meinzer, del Servicio Geológico de USA define un acuífero como una formación geológica, grupo de formaciones o parte de una formación que contiene material saturado y suficientemente permeable para proveer cantidades significativas de agua a pozos y manantiales, no saturada del material permeable, es decir tanto por arriba del nivel freático como la parte saturada; y se debe de agregar que contiene agua de calidad deseable (Price, 2003).

2.4.2.2 Pozos poco profundos.

Aunque no existe un limite exacto que distinga entre pozos poco profundos y pozos profundos, usualmente se clasifican como “poco profundos” aquellos cuya profundidad es menor de 30 metros y como “profundos” aquellos cuya profundidad es superior a dicho límite. Los pozos poco profundos pueden ser cavados o entubados.

Pueden hacerse pozos poco profundos entubados cuando el agua subterránea se localiza a unos 7.5 metros de profundidad o menos, siempre que no haya rocas o formaciones rocosas (Dpto. de Sanidad del estado de NY, 2002).

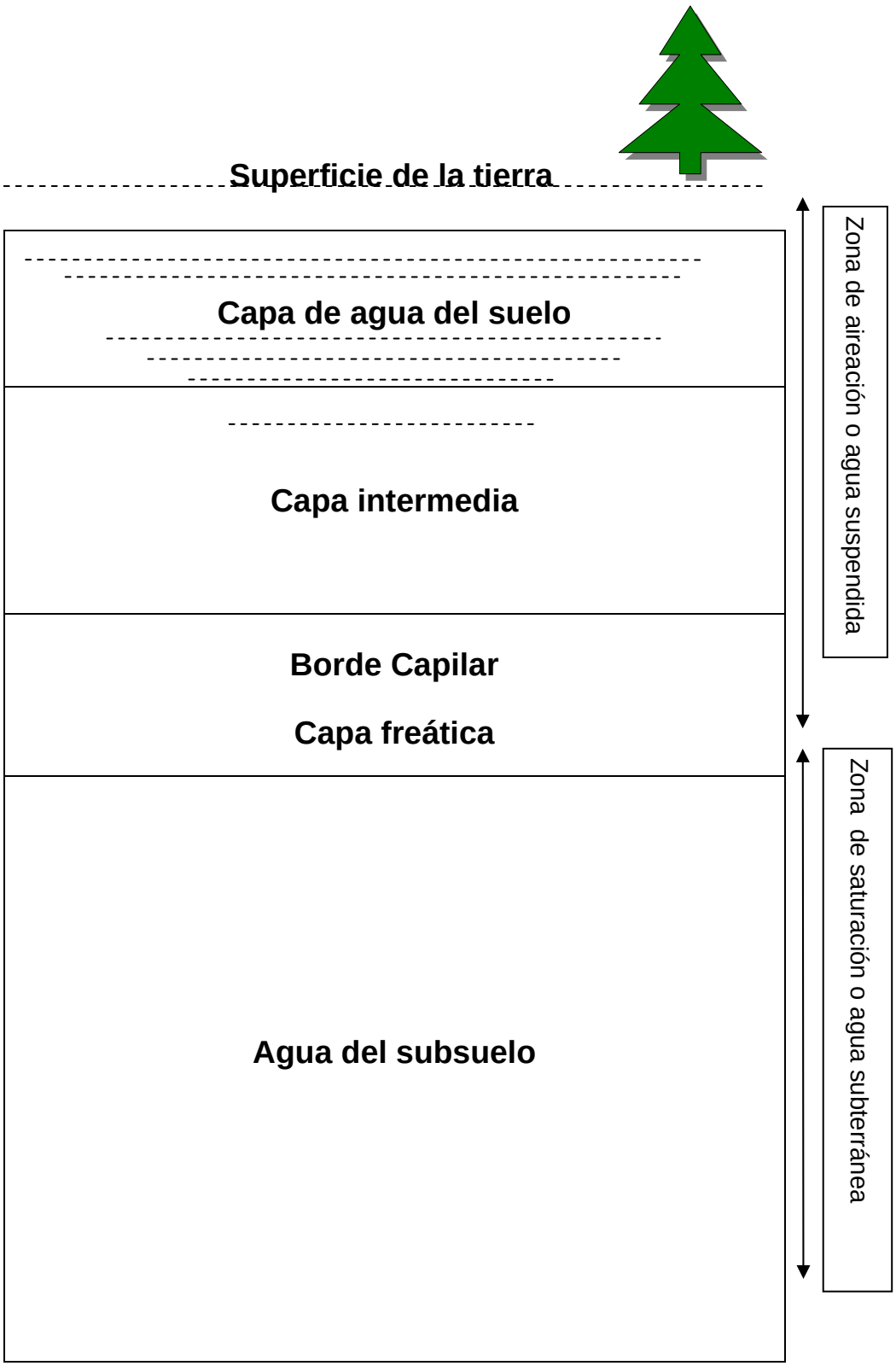

Figura 3. División del agua del subsuelo.
Fuente: Manual de saneamiento 1998.

2.4.2.3 Pozos profundos.

Cuando el suelo situado encima de las formaciones rocosas no contiene agua, los pozos deben perforarse ya sea dentro de las rocas para extraer agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.

Ante tales circunstancias, o cuando solamente se puede disponer de agua de los estratos profundos, se hacen pozos perforados (Dpto. de Sanidad del estado de NY, 2002).

2.4.2.4 Calidad del agua subterránea.

Las aguas subterráneas pueden ser contaminadas tanto por una fuente puntual como por una fuente difusa. En zonas rurales y granjas en donde hay pozos de extracción de aguas, cabe siempre la posibilidad de que algunos lixiviados con contaminantes propios de la agricultura puedan entrar en contacto con las aguas subterráneas. La propagación de fertilizantes y pesticidas usados en las tierras son un foco potencial de contaminación difusa. Por el contrario los accidentes producidos por derrames de aceites o las fugas en los propios tanques de combustibles son un foco potencial de contaminación en un punto (Kiely, 1999).

2.4.2.5 Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación.

El agua subterránea depende del tiempo de viaje del agua (y de los contaminantes), de la cantidad relativa de contaminantes que pueden alcanzar al agua subterránea, y de la capacidad de atenuación de contaminantes de los materiales geológicos. El agua subterránea que recibe fácil y rápidamente agua (y contaminantes) desde la superficie terrestre se considera mas vulnerable que el agua subterránea que recibe aguas (y contaminantes) mas lentamente y en menores cantidades (Kiely, 1999).

2.4.2.6 Contaminación del agua subterránea.

Por lo que toca a materia suspendida, las aguas subterráneas se purifican en forma efectiva por la acción filtrante de las rocas a medida que se percolan, las impurezas solubles no se remueven tan rápido, auque existe la posibilidad de reacciones de intercambio iónico (Tebbutt, 1999).

Las aguas subterráneas tienen una mayor oportunidad de disolver materiales por las mayores superficies de contacto, lentas velocidades de circulación y mayores presiones y temperaturas a las que están sometidas, además de la facilidad de disolver dióxido de carbono del suelo no saturado. Por ello, sus concentraciones salinas son mayores que a las de las aguas superficiales.

Estas mismas condiciones físicas a que se encuentran sometidas las aguas subterráneas suponen asimismo una reducción de la materia en suspensión y de la materia orgánica, debido esta ultima a la acción de los propios microorganismos del terreno.

La calidad del agua queda definida por su composición, y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades de su utilización, clasificando así, de acuerdo con los limites estudiados, su destino para bebida, usos agrícolas, industriales, entre otros (Custodio, Llamas 1996).

2.5 Características del Agua

2.5.1 Características bacteriológicas.

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. El agua debe de estar excenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que son los que pueden trasmitir enfermedades, como por ejemplo: *Salmonella, Shigella, Eberthella, Ameba*, etc. Su hallazgo no

es solamente difícil, sino dudoso que pueda encontrarse en la muestra, debido a su baja concentración, y por consiguiente, el examen bacteriológico tiende a mostrar la contaminación fecal o presencia de los gérmenes del grupo Coliforme.

Los requisitos bacteriológicos actuales para determinar la calidad sanitaria del agua se basan en la determinación del grupo Coliforme, el cual representa una contaminación fecal y, por consiguiente, la mayor o menor posibilidad de que se encuentren organismos patógenos (Opazo, 1999).

2.5.2 Características físicas.

Las propiedades físicas son en muchos casos relativamente fáciles de medir, algunas de estas se puede observar a simple vista.

1. - Temperatura. Básicamente importante por su efecto en otras propiedades por ejemplo, aceleración de reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases e intensificación de sabores y olores.

2. - Sabor y olor. Debido a las impurezas disueltas frecuentemente de naturaleza orgánica por ejemplo: fenoles y clorofenoles, son propiedades subjetivas que son difíciles de medir.

3. - Color. Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso pálido en grandes volúmenes. Es necesario diferenciar el color verdadero debido al material en solución y el color aparente debido a la materia suspendida. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañina y que son similares al ácido tánico del té. Sin embargo, los consumidores rechazan el agua cuando está muy coloreada por razones estéticas y para ciertos usos industriales puede ser inaceptable, por ejemplo, la producción de papel artístico de alta calidad.

4. - Turbidez. La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbidez en el agua puede ser causada por partículas de arcilla, de limo, descargas de agua residual, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos.

5. - Sólidos. Estos pueden estar presentes en suspensión, en solución o en ambos y se dividen en materia orgánica e inorgánica. Los sólidos disueltos totales (SDT) se deben a materiales solubles mientras que los sólidos en suspensión (SS) son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de un papel fino. Los sólidos sedimentables son aquellos removidos en un procedimiento estándar de sedimentación con el uso de un cono cilíndrico de un litro. Se determina como la diferencia entre los SS en el sobrenadante y los SS originales en la muestra.

6. - Conductividad Eléctrica. La conductividad de una solución depende de la cantidad de sales presentes y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos disueltos totales (Tebbutt, 1999).

2.5.3 Características químicas.

Las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que algunos de los parámetros físicos y por eso son más útiles para evaluar las propiedades de una muestra de forma inmediata.

1. - pH. La intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra se aprecia en la escala de pH, que en realidad mide la concentración de iones hidrógeno presentes. El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica normalmente se restringe a una escala bastante estrecha entre 6 y 8. Las aguas muy ácidas o muy alcalinas son indeseables debido a que son corrosivas o presentan dificultades en su tratamiento.

2. - Potencial de oxido –reducción. En cualquier sistema que presente oxidación hay un cambio continuo en la relación de los materiales en la forma reducida y aquellos en la forma oxidada.

3. - Alcalinidad. Es debida a la presencia de bicarbonato, carbonato o hidróxido. La mayoría de la alcalinidad natural de las aguas la causa el bicarbonato producido por la acción del agua subterránea y piedra caliza o yeso. La alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH.

4. - Acidez. La mayoría de las aguas naturales y el agua residual doméstica son amortiguadas por un sistema de bióxido de carbono y bicarbonato. El ácido carbónico no se neutraliza totalmente hasta un pH de 8.2 y no disminuye el pH por debajo de 4.5. Así, la acidez del bióxido de carbono ocurre dentro de un pH de 8.2 a 4.5 la acidez mineral se presenta a pH menor de 4.5. La acidez se expresa en términos de carbonato de calcio.

5. - Dureza. Es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Es debido principalmente a los iones calcio y magnesio aunque también son responsables el fierro y el estroncio. Los metales normalmente están asociados con sulfatos, carbonatos cloruros y nitratos. No representa riesgos para la salud pero las desventajas económicas del agua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos de combustible. La dureza se expresa en términos de carbonato de calcio (Tebbutt, 1999).

2.6 Fundamentación de análisis fisicoquímicos

A diferencia de muchas otras materias primas, el agua no tiene sustituto en muchas aplicaciones. El agua tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para

que una comunidad se establezca permanentemente. Sin embargo, los desechos líquidos y sólidos de una comunidad tienen un potencial considerable para contaminar el ambiente. En las civilizaciones primitivas el remedio para el problema de la contaminación era simplemente trasladar la comunidad a otro lugar; en las civilizaciones mas avanzadas tal mudanza es imposible y se deben tomar medidas para proteger y aumentar el abastecimiento de agua. El concepto de agua como un recurso natural que debe disponerse cuidadosamente es muy necesario ya que las poblaciones en desarrollo y los complejos industriales tienen demandas de agua siempre creciente (Tebbutt, 1999) .

2.6.1 pH.

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y el control de la corrosión dependen del pH. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en muchos otros equilibrios ácido-base (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.2 Sólidos disueltos totales.

La cantidad y naturaleza de la materia disuelta e insoluble que se presenta en los líquidos varía enormemente. En aguas potables, la mayoría de la materia está en forma disuelta y consiste principalmente en: sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. Las determinaciones de las cantidades de materia disuelta e insoluble se efectúan haciendo pruebas en las porciones de muestras filtradas y no filtradas (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.3 Conductividad eléctrica.

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para trasportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la de temperatura de la medición (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.4 Alcalinidad.

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. El valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado. La alcalinidad es la medida de una propiedad agregada del agua, y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.5 Dureza.

Se consideran aguas duras aquellas que requieren de cantidades considerables de jabón para producir espuma y provocan incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calderas, evaporadores, intercambiadores de calor y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.6 Sulfato.

El sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van de 5 -200 miligramos por litro. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de sulfatos debido a la oxidación de la pirita (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.6.7 Cloruros.

La fuente principal de cloruro en agua subterránea no contaminada es la lluvia y así en cada región, dependiendo de la distancia al mar y la evaporación, los niveles de cloruro en el agua subterránea serán sensiblemente constantes. El cloruro, como el nitrato, es un ion móvil. Además, es un constituyente de los residuos orgánicos. En consecuencia, los niveles que estén apreciablemente por encima del nivel base se han considerado como indicadores de contaminación por residuos orgánicos. Aunque esto probablemente es correcto en términos generales, también puede aparecer cloruro de los fertilizantes de potasio (Kiely, 1999).

2.6.8 Sodio.

El sodio ocupa el sexto lugar entre los elementos más abundantes y se encuentra en la mayoría de las aguas naturales. Los niveles pueden variar entre menos de 1 mg Na /l y más de 100 mg Na /l. En las salmueras y aguas duras ablandadas por procesos de intercambio de sodio pueden encontrarse concentraciones relativamente altas. La relación del sodio con el total de cationes es importante en agricultura y patología humana (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.7 Marco Legal en Materia de Calidad del Agua

2.7.1 Modificación a la NOM-127-SSA1-1994.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la trasmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites (Cuadro 1) permisibles en cuanto a sus características físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Cuadro 1. Contenido de constituyentes químicos en el agua para uso y consumo humano en mg/l.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN^-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl^-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como $CaCO_3$)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F^-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00

Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 – D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como $SO4^{=}$)	400,00

Fuente: (Secretaria de salud, 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la zona de estudio

El Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora se ubica en el Block 604, su superficie aproximada es de 16 hectáreas y sus coordenadas son las siguientes: Longitud 109 ° 58¨24” Oeste, Latitud 27 ° 25¨16” Norte, Altitud 30 m. Sobre el nivel del mar (Figura 4).

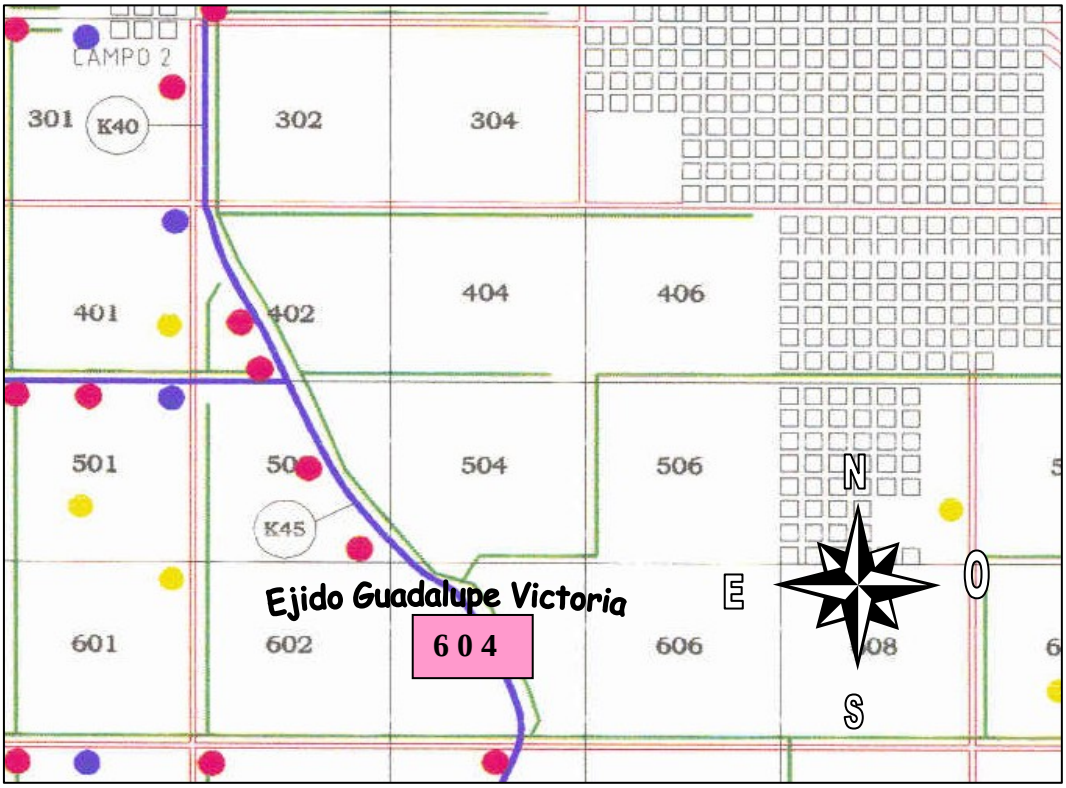

Figura 4. Mapa del Ejido Guadalupe, Victoria

El ejido cuenta con 65 casas – habitación y 273 habitantes según él ultimo censo poblacional del INEGI.

El pozo de donde se abastecen los pobladores del lugar (Figura 5) se encuentra en la parte este y el agua corre por las tuberías a cada una de las casas-habitación teniendo una distancia la primer casa de 40 m. y la última como 600 m. (del pozo a las casas) quedando el demás caserío en parte del centro del Ejido.

Figura 5. Pozo del ejido Gpe. Victoria

Existen 2 drenes de aguas negras que rodean prácticamente a la comunidad, el dren de la 600 en la parte sur y que está aproximadamente a 1500 m del pozo, el otro esta en la parte norte y se le da el nombre de el dren de la 500 y se encuentra aproximadamente a 500 m del pozo.

3.2 Sitios de muestreo

Para la realización de esta investigación, se seleccionaron 5 sitios de muestreo ubicados estratégicamente por que comprende puntos distintivos del ejido y estos fueron a 4 tomas domiciliarias y el pozo del ejido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Sitios de muestreo.

Sitio	**Ubicación**
Punto 1	Escuela Primaria Gpe. Victoria
Punto 2	Pozo sin clorar
Punto 3	Casa frente del pozo
Punto 4	Casa junto al tinaco
Punto 5	Casa frente del kinder

3.3 Periodo de muestreo

Para llevar a cabo este estudio, se realizaron muestreos mensuales durante 6 meses, comprendiendo el periodo de febrero a julio de 2004 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de muestreo

Muestreo	Fecha de muestreo
I	24 de febrero de 2004
II	23 de marzo de 2004
III	20 de abril de 2004
IV	18 de mayo de 2004
V	15 de junio de 2004
VI	13 de julio de 2004

3.4 Toma y manejo de la muestra

3.4.1 Preparación del material.

En el muestro se utilizaron envases de plástico con capacidad de 1 litro. Para la recolección de la muestra los envases debieron estar limpios y ambientados con agua destilada e identificados con la etiqueta correspondiente y se llevo un control en base al formato que se presenta en Anexo 1.

3.4.2 Muestreo, trasporte y almacenamiento.

En cada toma de agua se obtuvo una muestra sin filtrar y sin adicionar ningún tipo de preservador químico para hacer los análisis fisicoquímicos. Para el traslado de las muestras al laboratorio fue necesario colocarlas en contenedores con hielo ya en el laboratorio se mantuvieron a una temperatura de 4° C y después de hacer el análisis se conservaron a temperatura de refrigeración.

3.5 Metodología aplicada

Las metodologías de análisis para cada uno de los parámetros estudiados se presentan en el cuadro 5. Los procedimientos de los análisis se tomaron de acuerdo a APHA/AWWA/WPCF (1992) Standard Methods for the examination of water and wastewater. En el mismo cuadro, se muestra también la clave del método para su localización en la fuente citada.

Cuadro 4. Parámetros y métodos de análisis.

Parámetro	Clave	Método
pH	4500-H+B	Electrométrico
SDT	2540 C	Electrométrico
Conductividad eléctrica	---	Electrométrico
Alcalinidad	2320	Titulación H_2SO_4
Dureza	2340	Titulación con EDTA
Sulfatos	4500-SO_4^{-2}	Volumétrico
Cloruros	---	Argentométrico
Sodio	3500-Na	Método Flamométrico
Cloro residual	---	Colorimétrico

Fuente: (APHA/AWWA/WPCF,1992).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se analizaron 29 muestras de agua procedentes de los diferentes sitios de muestreo del Ejido Guadalupe Victoria, durante el periodo de febrero a julio de 2004.

Se realizaron análisis fisicoquímicos, los cuales se compararon con la norma establecida por la Secretaria de Salud, NOM-127-SSA1-1994. Los resultados fueron los siguientes (Anexo 2).

4.1 Análisis fisicoquímicos

4.1.1 pH.

En la figura 6 se puede observar que el 100% de las muestras cumplieron con los niveles de pH, dado que los valores variaron un poco de 7.2 a 8.4 en los meses de muestreo, pero siempre manteniéndose dentro de los límites que establece la norma de 6.5-8.5 (Anexo 3).

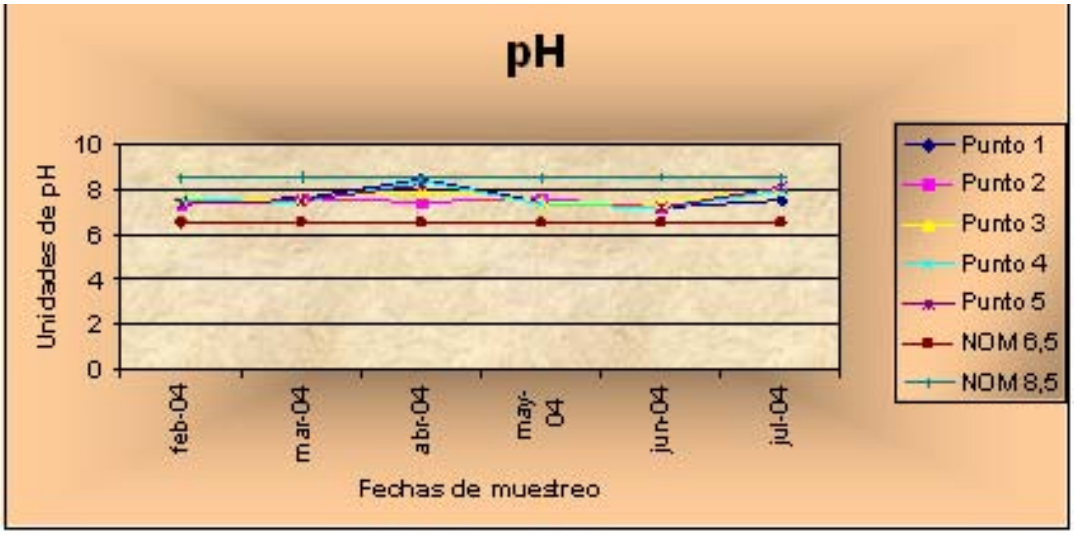

Figura 6. Comportamiento de pH durante el periodo de muestreo.

4.1.2 Sólidos disueltos totales.

En cuanto a sólidos disueltos totales (SDT), la Norma Oficial Mexicana establece 1000 mg/l como limite y se encontró que en todos los puntos de muestreo se encuentran dentro del valor establecido (Figura 7); siendo el valor mas alto de 827 mg/l en el punto 2 (pozo) muestreado en el mes de febrero por lo que el agua puede ser aceptable por su sabor (Anexo 4).

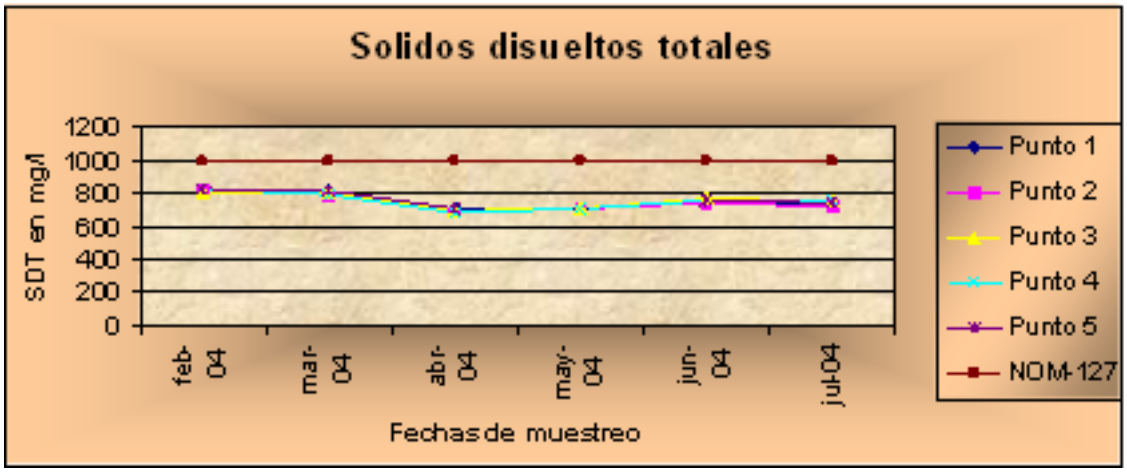

Figura 7. Comportamiento de sólidos disueltos totales en el periodo feb. a jul. de 2004.

4.1.3 Conductividad eléctrica.

El parámetro anterior esta muy relacionado con la conductividad eléctrica ya que cuanto mayor es el contenido de minerales en el agua, mayor será su conductividad (Figura 8), se hizo la medición de este parámetro como dato importante en los análisis, pero la NOM no ha establecido un limite acerca de los niveles para conductividad eléctrica así que se uso el limite de SDT para comparar (Anexo 5).

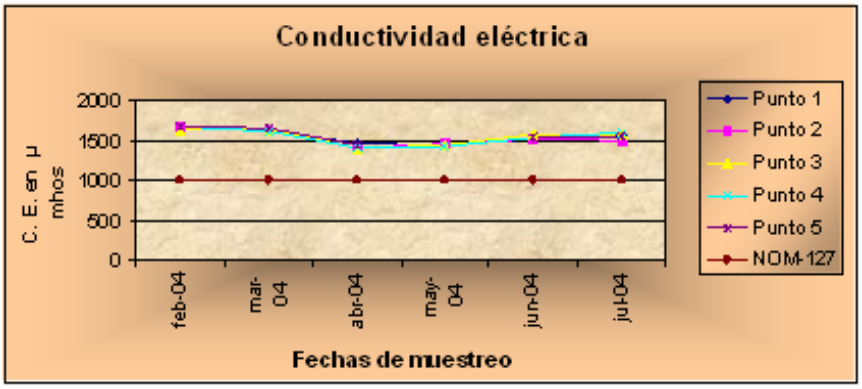

Figura 8.Conductividad eléctrica en el lapso de muestreo feb. a jul. De 2004.

4.1.4 Alcalinidad.

El agua del pozo no excede en cuanto a esta medición, y eso es bueno para los consumidores como se puede observar en la figuras 9 (Anexo 6).

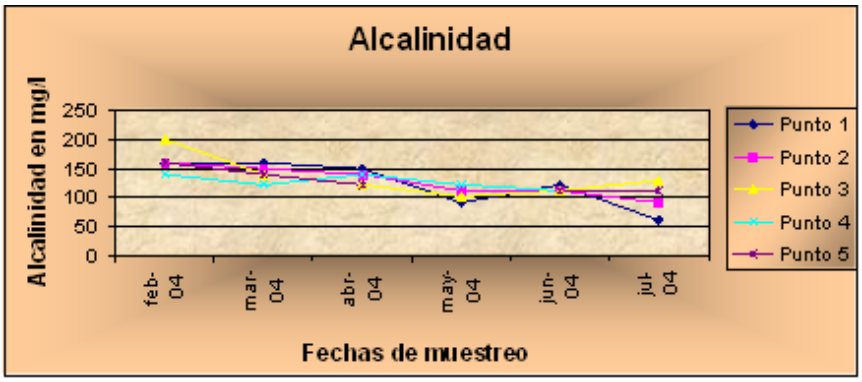

Figura 9. Comportamiento de alcalinidad total en los puntos de muestreo.

4.1.5 Dureza.

Los límites permitidos para dureza son 500 mg/l y solo los puntos 1, 3 y 5 en el mes de abril, mayo y julio respectivamente, sobrepasaron los niveles establecidos por la NOM esto se puede observar en la figura 10. El exceso de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio producen incrustaciones en tuberías, causa dureza en el agua que, entre otros inconvenientes, obliga a consumos elevados de jabón.

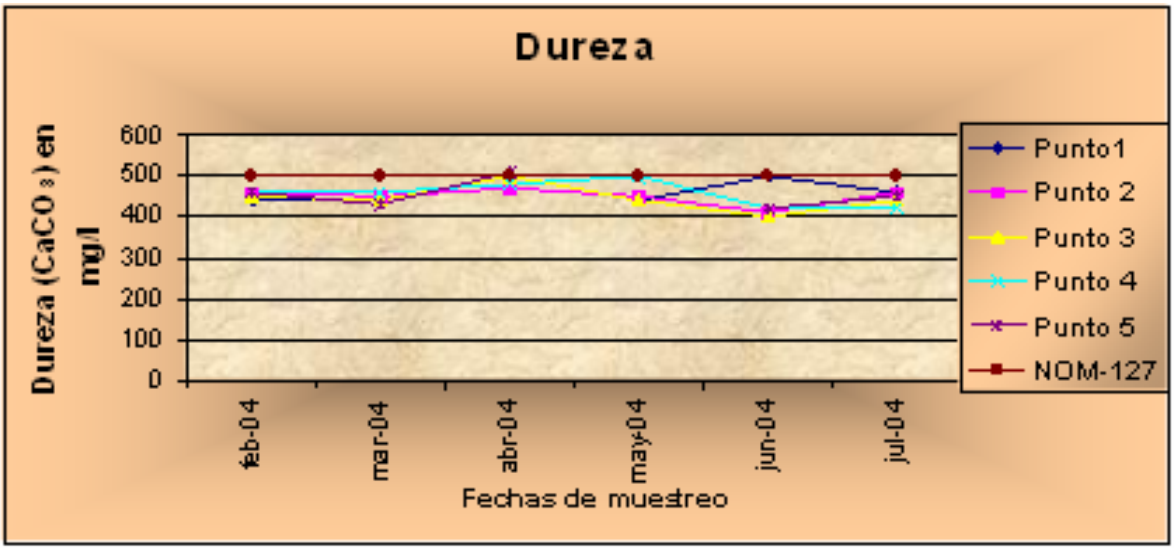

Figura 10. Comportamiento de la dureza en el lapso de feb. a jul. de 2004.

4.1.6 Sulfatos.

Los resultados de sulfatos arrojan que el 70% de las muestras sobrepasa el limite establecido por la NOM que es de 400 mg/l y el valor más bajo registrado fue de 153 mg/l en el punto 2 (pozo) en el mes de marzo y el mas alto de 720 mg/l en el punto 1 (escuela primaria) en el mes de abril. Estos resultados se pueden apreciar en la figura 11. El exceso de sales (cloruros y sulfatos) produce un sabor desagradable y limita su uso y esto actuaría como laxante en personas no acostumbradas a ingerir tales cantidades.

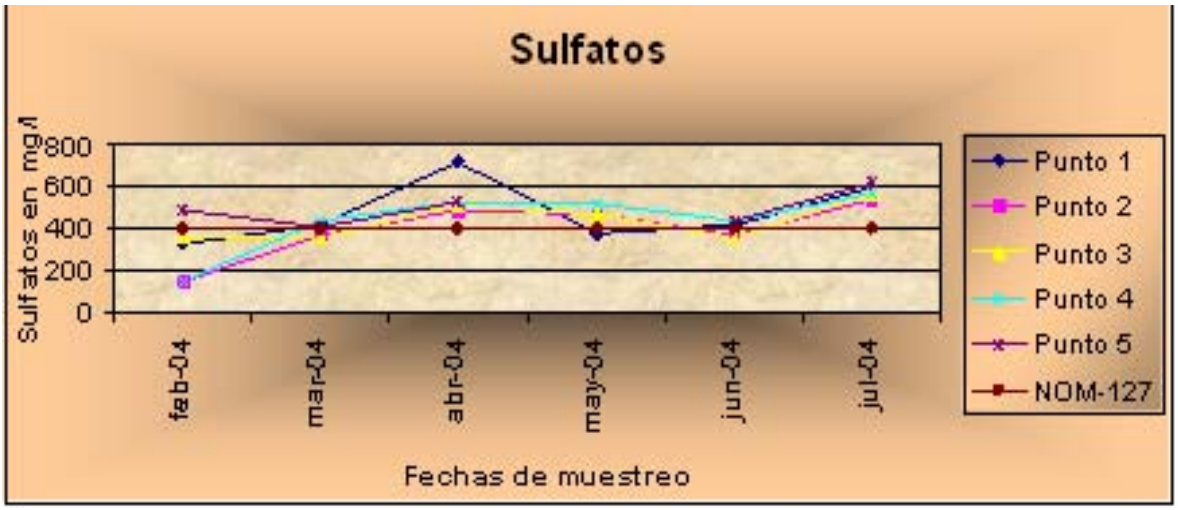

Figura 11.Comportamiento de sulfatos en los puntos de muestreo.

4.1.7 Cloruros.

El limite según la NOM para cloruros es de 250 mg/l, encontrándose que el 100% de las muestras analizadas están por encima del limite (Figura 12) sobrepasando a los establecidos por la NOM oscilando los valores entre 283 mg/ l en el punto 2 que es el valor más bajo (pozo) en el mes de julio y el valor mas alto es 432 mg/l del punto 1(escuela primaria) en el mes de marzo.

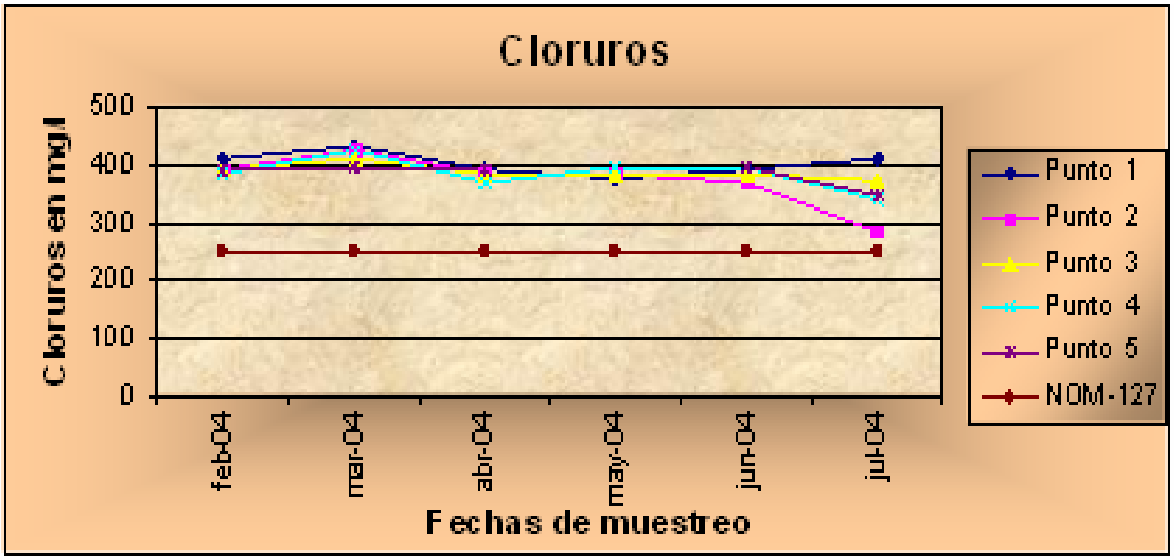

Figura 12. Comportamiento de cloruros en el periodo feb. a jul. de 2004.

4.1.8 Sodio.

Los niveles de sodio en el agua están dentro de lo establecido por la NOM ya que el valor guía es de 200 mg/l y el 100% de las muestras cumple con ello, siendo el valor mas alto de 149 mg/l y el mas bajo de 92 mg/l. Con el fin de asegurar que el agua potable no tenga un sabor para la mayoría de los consumidores, la composición de sal en el agua deberá aproximarse al contenido de sal que tiene la saliva, el cual es de 300 mg/l; y se recomienda por ello un valor guía de 200 mg/l, según la Organización Mundial de la Salud.

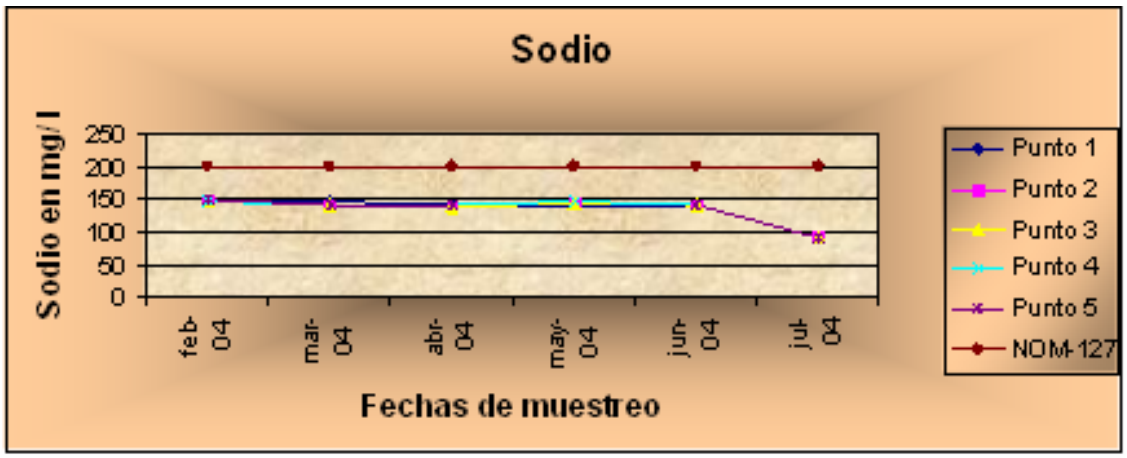

Figura 13. Comportamiento de sodio en los puntos de muestreo.

4.1.9 Cloro residual.

Los niveles de cloro residual presentaron variación en la concentración en los muestreos realizados y en dos meses consecutivos se mantuvieron por encima del limite permisible que establece la NOM que es de 1 a 1.5 ppm ya que oscilaba en 3 ppm y esto se puede apreciar mejor en la figura 13. Siendo el valor mas alto de 3ppm y el mas bajo de 1 ppm. Un nivel de cloración en exceso en el agua de consumo provoca un olor y sabor desagradable a los consumidores.

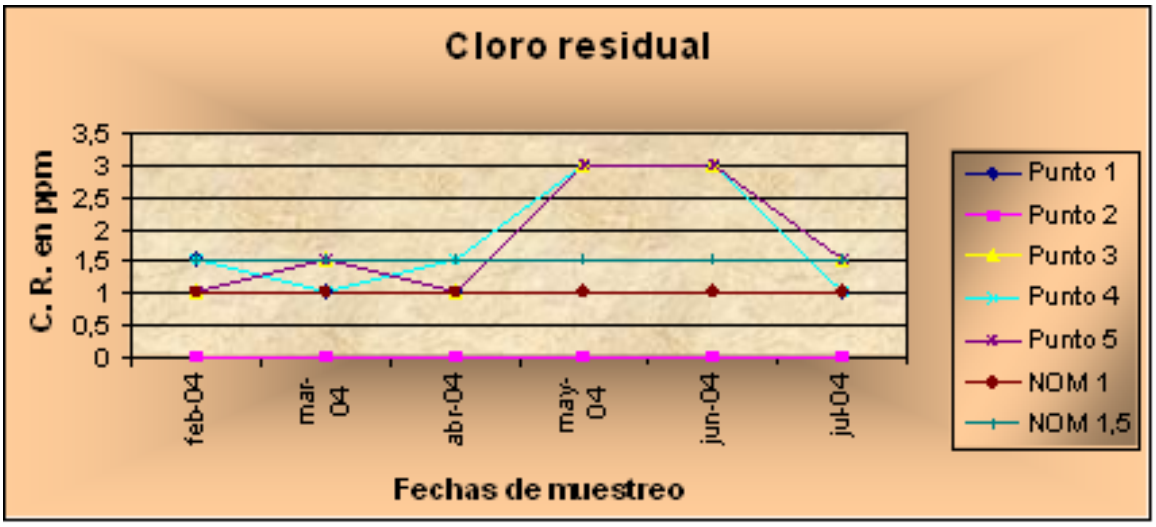

Figura 14. Comportamiento del nivel de cloro residual en los puntos de muestreo.

CONCLUSIONES

- ✓ El 100% de las muestras cumplió con los parámetros de pH, SDT, alcalinidad y sodio en todos los sitios muestreados.

- ✓ El pozo al igual que los otros puntos de muestreo presentaron valores altos en algunos parámetros como sulfatos que el 70% de las muestras esta por encima del limite establecido por la NOM

- ✓ En cuanto a cloruros la NOM establece que el limite es de 250 mg/l y el 100% de las muestras esta por encima de lo establecido.

- ✓ La dureza presenta valores dentro de lo estipulado por la NOM, ya que solo el 17 % de las muestras se exceden en sus rangos sobrepasando el límite que es 400 mg/l, según lo establecido por la NOM-127-SSA1-1994.

- ✓ El 27% de las muestras al momento de medir el cloro residual presento un alto nivel de cloración sobrepasando lo que establece la NOM que es de 1 a 1.5 ppm .

- ✓ Las concentraciones promedio de los parámetros de sulfatos y cloruros sobrepasan los limites establecidos por NOM.

- ✓ Por lo tanto se concluye que el agua en cuanto a los niveles de sulfatos y cloruros no es apta para el consumo humano.

BIBLIOGRAFIA

- Custodio, E. / Llamas, M. R. Hidrología Subterránea. Editorial Omega 2da. Edición. Barcelona. 1996.

- Dpto. de sanidad del estado de NY. Manual de tratamiento de aguas. Editorial Limusa. México. 2002.

- Jenkins, D. Química del agua. Editorial Limusa, México. 1999 6ta reimpresión.

- Kiely, G. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial Mc Graw Hill. Madrid, España, 1999.

- Dirección de ingeniería sanitaria, Secretaria de salubridad y asistencia. Manual de saneamiento. Vivienda, agua y desecho. Editorial Limusa. México, 1998.

- APWA, AWWA, WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potable y residual. Editorial Díaz de santos. Madrid, España, 1992.

- Nebel, B. Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. Editorial Pearson. 6ta. Edición. México, 1999.

- Opazo, U. Ingeniería sanitaria aplicada al saneamiento y salud publica. Editorial Limusa, México, 1999.

- Owen, O. Conservación de recursos naturales. Editorial Pax México, México, D. F., 2000.

- Price, M. Agua subterránea. Editorial Limusa. México, 2003.

- Ricklefs, R. E. Invitación a la ecología. La economía de la naturaleza. Editorial Panamericana 4ta. Edición. Madrid, España, 1998.

- Tebbutt, T. H. Fundamentos de control de la calidad del agua. Editorial Limusa, México.1999 7ma. Reimpresión .

- www.erres.org.uy/agua.htm

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de control para el muestreo.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Lugar de Muestreo					
Hora de Muestreo					
Clave identificación Muestra					
Clave uso de Laboratorio					
Tipo de Muestra					
T° Muestra T° Ambiente					
pH Cloro residual					

Anexo 2. Concentraciones promedio de los análisis fisicoquímicos realizados en el Ejido Gpe. Victoria, Valle del Yaqui, Sonora.

Parámetro	Media	Valor mínimo	Valor máximo
pH	7.596552	7.2	8.4
SDT	755	683	827
Conductividad e.	1547.51	1411	1674
Alcalinidad	126.89	60	200
Dureza	453.79	400	510
Sulfatos	464.02	153.6	720
Cloruros	386.29	283.6	441.2
Sodio	134.11	92	149.5
Cloro residual	1.396	0	3

Anexo 3. Tabla de resultados registrados de pH.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM 6,5**	**NOM 8,5**
24-Feb	7.5	7.3	7.6	7.5	7.3	6.5	8.5
23-Mar	7.6	7.6	7.5	7.4	7.5	6.5	8.5
20-Abr	8.4	7.4	7.9	8.3	8.2	6.5	8.5
18-May	7.4	7.6	7.4	7.3		6.5	8.5
15-Jun	7.2	7.2	7.4	7.2	7.2	6.5	8.5
13-Jul	7.5	7.9	8	7.9	8.1	6.5	8.5

Anexo 4. Tabla de resultados registrados de SDT.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM-127**
24-Feb	821	827	806	825	823	1000
23-Mar	812	791	801	791	812	1000
20-Abr	714	683	692	685	707	1000
18-May	703	713	703	706		1000
15-Jun	743	744	766	754	757	1000
13-Jul	743	717	753	758	745	1000

Anexo 5. Tabla de resultados registrados de conductividad eléctrica.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**
24-Feb	1650	1674	1638	1673	1669
23-Mar	1643	1623	1631	1624	1651
20-Abr	1456	1411	1412	1413	1444
18-May	1447	1454	1443	1427	
15-Jun	1521	1515	1575	1538	1541
13-Jul	1560	1507	1579	1594	1565

Anexo 6. Tabla de resultados registrados de alcalinidad total.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**
24-Feb	160	160	200	140	160

23-Mar	160	150	140	120	140
20-Abr	150	140	120	140	120
18-May	90	110	100	120	
15-Jun	120	110	110	110	110
13-Jul	60	90	130	110	110

Anexo 7. Tabla de resultados registrados de dureza total.

	Punto1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM-127**
24-Feb	440	460	450	460	460	500
23-Mar	440	450	440	460	430	500
20-Abr	500	470	500	480	510	500
18-May	440	450	440	500		500
15-Jun	500	410	400	420	420	500
13-Jul	460	460	440	420	450	500

Anexo 8. Tabla de resultados registrados de sulfatos.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM-127**
24-Feb	326.4	153.6	355.2	153.6	489.6	400
23-Mar	422.4	374.4	364.8	441.6	412.8	400
20-Abr	720	489.6	508.8	528	528	400
18-May	384	470	470.4	518.4		400
15-Jun	422.4	374.4	364.8	441.6	441.8	400
13-Jul	604.8	537.6	566.4	566.8	624	400

Anexo 9. Tabla de resultados registrados de cloruros.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM-127**
24-Feb	411.22	389.95	389.95	382.86	389.95	250

23-Mar	432.49	425.4	411.22	425.4	397.04	250
20-Abr	389.95	382.86	382.86	368.68	389.95	250
18-May	375.77	382.86	382.86	397.04		250
15-Jun	389.95	368.68	382.86	397.04	397.04	250
13-Jul	411.22	283.6	374.41	340.32	347.41	250

Anexo 10. Tabla de resultados registrados de sodio.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM-127**
24-Feb	147.2	147.2	147.2	147.2	149.5	200
23-Mar	147.2	142.6	140.3	140.3	142.6	200
20-Abr	140.3	138	138	140.3	142.6	200
18-May	140.3	144.9	144.9	147.2		200
15-Jun	140.3	140.3	140.3	140.3	140.3	200
13-Jul	92	92	92	92	92	200

Anexo11. Tabla de resultados registrados de cloro residual.

	Punto 1	**Punto 2**	**Punto 3**	**Punto 4**	**Punto 5**	**NOM 1**	**NOM 1,5**
24-Feb	1.5	0	1	1.5	1	1	1.5
23-Mar	1	0	1.5	1	1.5	1	1.5
20-Abr	1	0	1	1.5	1	1	1.5
18-May	3	0	3	3	3	1	1.5
15-Jun	3	0	3	3	3	1	1.5
13-Jul	1	0	1.5	1	1.5	1	1.5