

## **Importancia de la alveolitis seca y su atención oportuna**

Alma Leyva, Guadalupe Capetillo, Salvador Cortés, Leticia Tiburcio y Clara Parra

A. Leyva, G. Capetillo, S. Cortés, L. Tiburcio y C. Parra

Institución: Facultad de Odontología, Región Veracruz, Universidad Veracruzana, Juan Pablo II s/n Col. Mocambo, Boca del Río, Veracruz  
gcapetilloh@hotmail.com

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

**Introduction:** Dry socket is a postoperative complication that can occur frequently after tooth extraction. The main symptom is pain, which is not located with the use of traditional analgesics. Treatment should be local and systemic; in the local treatment should be performed by washing the alveolus and placing antiseptic substances; systemic treatment patient is prescribed powerful painkillers to relieve pain.

**Objective:**To determine the level of knowledge among students of the Faculty of Dentistry at the University of Veracruz, Veracruz region with respect to the dry alveolitis.

**Methods:** A cross-type and quantitative study, with a population of 110 students and a sample of 96 as the selection criteria. Questionnaire was used, database and statistical analysis was performed in Excel.

**Results, Conclusions:** 39.58% of the students surveyed have a normal level of knowledge on dry alveolitis, 37.5% with a mean level, 18.75% at a good level and 4.16% with a very good level, therefore, students do not have the sufficient knowledge to diagnose and treat this complication. In addition to a false perception of their own knowledge.

## 20 Introducción

La Alveolitis seca o alveolo seco (AS) es una de las complicaciones que puede presentarse después de una exodoncia, esta complicación ha sido definida como dolor postoperatorio, en y alrededor del alveolo, que se incrementa entre el segundo y cuarto día post-exodoncia, acompañada de una desintegración total o parcial del coagulo intraalveolar.

La frecuencia de que dicha complicación aparezca es muy amplia, es por ello que antes de iniciar una exodoncia, debe existir una formación lo suficientemente sólida para actuar de manera reglada y con conocimiento de causa, evitando las improvisaciones y los actos quirúrgicos que no estén fundamentados científicamente; todo esto con el fin de prevenir la presencia de complicaciones durante y después de la exodoncia, por ello la importancia de esta investigación.

La Alveolitis seca es una complicación que puede preverse durante el diagnóstico del caso y por lo tanto el paciente debe ser informado previamente. La variedad de posibles complicaciones en la exodoncia es grande; estas surgen debido a errores de diagnóstico, por malas indicaciones, mal uso de instrumentos, aplicación de fuerza excesiva y por no visualizar de forma correcta la zona operatoria antes de actuar.

Como dice Kruger "para hacer bien, tienes que ver bien" aplicado a la exodoncia, añade "haga bien lo que vea".

**Justificación.** Desafortunadamente la alveolitis seca que es una complicación postoperatoria, que aún no cuenta con una etiología definida, por lo que la principal arma para evitar que aparezca es la prevención; son muchos los factores que hoy en día son tomados en cuenta para definir cuál es la causa real de la Alveolitis seca, dentro de los cuales se encuentran: aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, consumo de tabaco, uso de anticonceptivos orales, presencia de restos óseos o dentarios, uso de anestésicos con vasoconstrictor, la dificultad de la cirugía, mala higiene oral y la edad.

En la actualidad el principal objetivo de su tratamiento consiste en el control de dolor, usando medidas paliativas, tales como el riego de soluciones dentro del alveolo, procedimientos manuales o uso de una gran variedad de materiales como pastas o apósitos a base de agentes antimicrobianos, antisépticos o analgésicos; por eso es muy importante que tanto el cirujano dentista como el alumno se encuentre bien documentados y capacitados para poder resolver una complicación que como ya se mencionó es una de las complicaciones más comunes que se pueden llegar a presentarse después de una exodoncia; todo esto es con el único fin de prevenir y si es necesario dar un correcto tratamiento a dicha complicación postoperatoria.

A hora bien, la concurrencia de la sociedad a la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana, región Veracruz es muy amplia, debido a que el costo de los servicios odontológicos son bajos en comparación con instituciones privadas, por lo tanto, los alumnos tienen que contar con los conocimientos adecuados para resolver cualquier complicación que se les presente, en este caso hablamos de la Alveolitis seca; por consiguiente es importante saber ¿Cuál es el nivel de conocimientos que tienen los alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana con respecto a la Alveolitis seca?

## 20.1 Marco Teórico

Antes de iniciar una exodoncia, debe poseerse una formación lo suficientemente sólida para actuar de manera reglada y con conocimiento de causa, evitando las improvisaciones y los actos quirúrgicos que no estén fundamentados científicamente; todo esto con el fin de prevenir la presencia de complicaciones durante y después de la exodoncia.

Dentro de la variedad de complicaciones que se pueden presentar por un mal diagnóstico y un mal tratamiento se encuentra la alveolitis seca, la cual ha sido clasificada como una complicación postoperatoria por muchos autores (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Raspall, 2007).

Dicha complicación ha sido definida como el dolor postoperatorio en y alrededor del alveolo dentario, el cual se incrementa con severidad en algún momento entre el segundo y el cuarto día postexodoncia, acompañada de una desintegración parcial o total del coágulo sanguíneo intraalveolar, presentando o no halitosis e inflamación local del alveolo dentario (Torres Lagares D, 2005).

La alveolitis seca suele ser la consecuencia de una perturbación de la cicatrización de la herida alveolar, tras la exodoncia dental. Se le considera un estado necrótico del proceso alveolar o de los septos óseos que, ante la ausencia de vasos sanguíneos, no permite la proliferación de capilares, ni de tejido de granulación para organizar el coágulo sanguíneo. Es decir el coágulo al no organizarse, se desintegra (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

El término de Alveolitis seca (AS) apareció por primera vez en la literatura en 1896 y fue introducido por Crawford (Crawford, 1896) (Benjamín, 2011). Desde entonces se han utilizado muchos términos para referirse a esta complicación tales como osteítis alveolar, alveolitis, osteítis localizada, alveolitis seca dolorosa, alveolitis fibrolítica, dry socket, alveolalgia, osteomielitis, síndrome osteomielítico postextracción, entre otros (Torres Lagares D, 2005)

En enero de 2007 fue publicado por el Journal de Cirugía Oral y Maxilofacial un artículo en el cual se define a la Alveolitis seca como el dolor postoperatorio, que se inicia entre el 2do a 4to día después de la exodoncia de un diente, en la cual existe la pérdida del coágulo en los alvéolos (Lennart Hedström, DDS, MDSa and Petteri Sjögren, DDS, PhD, a Varberg, Sweden, 2007).

Actualmente no existe un conocimiento concreto de cuál es la etiología del proceso, los factores incriminados son numerosos, y pueden tener una incidencia variable en la patogenia de la Alveolitis seca, dentro de los cuales se encuentran: edad, sexo y uso de anticonceptivos orales, estado general del paciente, consumo de tabaco, aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, trauma quirúrgico y dificultad de la exodoncia, uso de anestésicos con vasoconstrictor y presencia de restos óseos o dentarios.

La edad avanzada ha sido detectada por algunos autores como un factor asociado a tasas mayores de alveolitis seca, aunque bien es cierto que no siempre ha sido estadísticamente significativa. En los pacientes con inmunosupresión o diabéticos puede estar dificultada la cicatrización y ser más propensos a desarrollar cuadros de alveolitis seca.

Para Cosme Gay la edad si puede ser un factor predisponente, debido a que en un paciente joven el ligamento periodontal es muy delgado y muy vascularizado; en cambio en un adulto es espeso y mal vascularizado (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Camila Lopes Cardoso, 2010).

El uso de contraceptivos orales y el sexo femenino también han sido relacionados con la presencia de Alveolitis seca. Los estrógenos y otras drogas activan el sistema fibrinolítico de una forma indirecta (aumentando los factores II, VII, VIII, X y el plasminógeno), contribuyendo a la lisis prematura del coágulo y al desarrollo de la Alveolitis seca (Torres Lagares D, 2005) (Fredric L. Bonine, DDS, MS, a Brighton, Mich., 1995).

En un estudio realizado en el 2003 se menciona que los anticonceptivos que contiene estrógeno afectan la coagulación sistémica (Garcia AJ, 2003).

Las dosis de estrógenos endógenos cambiantes durante el ciclo menstrual también influirían en este sentido, disminuyendo la influencia fibrinolítica de los mismos en los días 23 a 28 del ciclo menstrual.

El estado del paciente tiene un papel variable, y difícil de valorar; no obstante, la disminución de la capacidad inmunológica debido a enfermedades generales (anemias), metabólicas (diabetes), etc., favorece el proceso, al igual que el seguimiento de un tratamiento farmacológico prolongado como corticoides (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Antonia Kolokythas, 2010).

La posible disminución de la capacidad defensiva y regenerativa debida a una causa endógena, hace que se hable de un déficit inmunitario o más genéricamente de la llamada disreactividad hística. En este aspecto es interesante la hipótesis que considera el papel de los antígenos de histocompatibilidad que favorecerían la aparición de un cuadro de alveolitis seca. Esta conclusión deriva de la ya aceptada secuencia de genes, que determina algún tipo de patología de origen infeccioso o autoinmune como la periodontitis y la aftosis recurrente (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

Al mencionar es estado general del paciente también nos referimos a la higiene oral la cual es un punto clave en el éxito de todo tratamiento dental. Los malos hábitos de higiene oral pueden llegar a favorecer a los padecimientos infecciosos.

La infección previa del diente extraído o también la infección introducida en el alvéolo después de haber extraído el diente, pueden influenciar de forma moderada la aparición de la alveolitis seca, aunque muchas exodoncias son realizadas con infección o abscesos sin que se presente.

En condiciones normales, la saliva está dotada de una cierta actividad fibrinolítica por ello, un exceso de saliva en la herida postextracción puede dar lugar a una curación retardada. Algunos autores remarcan que después de una intervención quirúrgica en la cavidad bucal, la actividad fibrinolítica salivar sufre una disminución a causa de un factor inhibitorio, lo que representaría un mecanismo que preserva el coágulo sanguíneo y favorece la curación de la herida quirúrgica. Si falta este factor inhibitorio, existe un aumento de la tasa de plasmina salivar y se instaura un cuadro de alveolitis seca. Entre las 24 y las 48 horas se inicia el proceso de lisis del coágulo que continúa con la penetración de bacterias saprófitas, hasta que en el fondo del alvéolo se forman residuos necróticos (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Antonia Kolokythas, 2010).

El tabaquismo se ha considerado por Blum como un factor predisponente para la presencia de la osteítis alveolar, él afirma que la tasa de osteítis alveolar aumenta un 20% en pacientes que fuman más de un paquete por día y un 40 % si el paciente fuma en el día de la cirugía o en el postoperatorio inmediato (IR, 2002) (Camila Lopes Cardoso, 2010). La incorporación de contaminantes a la herida o el efecto de succión sobre el coágulo en formación han sido los mecanismos por los que el tabaco puede interferir en la cicatrización alveolar.

No existen datos científicos que relacionen el calor, el humo o los efectos sistémicos del tabaco con la aparición de alveolitis (IR, 2002), sin embargo se han realizado estudios en los cuales se ha encontrado una mayor incidencia de casos de Alveolitis seca en pacientes que consumen tabaco, tal es el caso de estudio realizado en 1995 en el cual se encontró mayor incidencia de esta complicación postoperatoria en los pacientes que consumían tabaco de los que no lo hacían (Fredric L. Bonine, DDS, MS, a Brighton, Mich., 1995).

Existen numerosas teorías con respecto a la etiología de la Alveolitis seca dentro de las que se encuentra la teoría del aumento de la actividad fibrinolítica local, que se menciona que tras la exodoncia del diente se pone en marcha un proceso inflamatorio que podría afectar a la formación y retención del coágulo, por efecto de las quininas liberadas en el proceso de inflamación o bien por una activación directa o indirecta del plasminógeno, lo cual causa que se desintegre la fibrina, afectando a la firmeza del coágulo y facilitando la aparición de la Alveolitis (Antonia Kolokythas, 2010) (H, 1970) (Torres Lagares D, 2005).

Otra teoría de aceptación por varios autores es la teoría bacteriana que es avalada por la existencia de un alto recuento de bacterias pre y postoperatorio alrededor del sitio de la exodoncia, en los pacientes que sufrieron Alveolitis seca respecto a los que no la sufrieron (Torres Lagares D, 2005)

En esta teoría se hace hincapié a la presencia de gérmenes anaerobios y el dolor se debería al efecto de las toxinas bacterianas en las terminaciones nerviosas del alveolo. Además la Alveolitis seca sería más frecuente en pacientes con una deficiente higiene oral (Peñarrocha M, 2001), o cuando existiera pericoronaritis previa o enfermedad periodontal concomitante (Torres Lagares D, 2005). Esta teoría vendría avalada por el descenso en la aparición de la alveolitis provocada con el uso de agentes antimicrobianos.

El trauma quirúrgico y la dificultad de la cirugía juegan un papel significativo en el desarrollo de la Alveolitis seca, un mayor trauma produce un retraso en la curación alveolar, y puede dar lugar a trombosis de los vasos subyacentes y a una menor resistencia a la infección por parte del hueso alveolar.

La experiencia del cirujano, la duración de la intervención quirúrgica y el tipo de extracción dentaria son factores determinantes en el posible daño al hueso alveolar (Antonia Kolokythas, 2010) (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Torres Lagares D, 2005).

Este se produce por tres mecanismos: compresión de la cortical, trombosis de los vasos circundantes y vasoconstricción del territorio irrigado por los vasos faciales. Todo esto produce la reducción del aporte sanguíneo al lugar de la exodoncia, un defecto de la formación del coágulo y finalmente una disminución de la resistencia a las infecciones locales.

También se menciona que el uso de vasoconstrictor y la técnica de infiltración utilizada generan la poca irrigación sanguínea para la formación del coágulo (Antonia Kolokythas, 2010) (Ahmad-Reza Noroozi, DDS,a and Rawle F. Philbert, 2009).

Algunos autores han sugerido que los fragmentos de restos óseos o restos dentarios podrían conducir a la curación alterada y contribuir a desarrollo de la Alveolitis seca (IR, 2002). Simpson, en su estudio, mostró que los pequeños fragmentos de hueso son comunes después de una exodoncia y estos fragmentos no necesariamente causan complicaciones ya que a menudo externalizados por vía oral epitelio (IR, 2002) (Antonia Kolokythas, 2010).

## 20.2 Cuadro clínico y diagnóstico

El cuadro clínico de esta complicación puede llegar a presentarse de dos a cuatro días después de la exodoncia. La Alveolitis seca clínicamente se caracteriza por la existencia de una alveolo desnudo, sin presencia de coágulo sanguíneo, con las paredes óseas expuestas y los bordes gingivales separados. Tras la exodoncia, el coágulo sanguíneo se pierde de una forma prematura, primero adoptando una coloración grisácea para posteriormente desaparecer completamente. (Antonia Kolokythas, 2010) (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (IR, 2002) (Torres Lagares D, 2005).

### Sintomas

Estos suelen empezar del segundo al cuarto día después de la exodoncia, aunque en ocasiones puede empezar de forma precoz (en las primeras horas) o de forma tardía (después de los 4 días). Un síntoma muy característico de esta complicación postoperatoria es el dolor intenso y tomentoso con irradiaciones, el cual aumenta con la succión o la masticación y que en la mayoría de los casos impide la actividad normal del paciente y especialmente el sueño.

### Tratamiento

Este es encaminado por una parte a la curación del proceso y por otra al alivio del intenso dolor que produce el cuadro de dicha complicación. El hueso denudado de las paredes del alvéolo se necrosa y será sustituido por hueso normal mediante el propio ciclo regenerativo del hueso que, de seguir un proceso normal, tendrá una duración de 2 a 3 semanas (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004)..

### Tratamiento local:

Lo que se pretende hacer con el tratamiento local es acelerar al máximo la regeneración del hueso normal y para ello deberemos realizar (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Raspall, 2007).

- **Limpieza de la cavidad:** Esta se tiene que llevar acabo con irrigaciones de suero fisiológico estéril (templado), con lo cual intentaremos arrastrar todas las partículas de restos de coágulo, comida, etc., que existan en el interior. Este debe ser generoso con abundante suero fisiológico estéril, sin hacer una presión excesiva en el momento de lanzarlo al interior del alvéolo.

- **Retirar restos:** De forma muy cuidadosa, se deben retirar los restos que puedan quedar en el interior del alvéolo, aunque siempre **sin efectuar un curetaje violento** de la cavidad alveolar.
- **Colocación de apósitos en el alveolo:** En la actualidad existe una gran cantidad de fórmulas y pastas para el tratamiento local de la alveolitis seca. Todas ellas lo que intentan es ayudar a la disminución del dolor producido al estar el hueso denudado y además pretenden acelerar el proceso de granulación para que se forme un nuevo tejido óseo.

Los enjuagues antisépticos como la clorhexidina, usados antes y después de cualquier extracción han demostrado tener buena eficacia en la prevención y tratamiento de la Alveolitis seca (Benjamín, 2011). La mayoría de pastas que se usan para el tratamiento local de la Alveolitis seca son a base de Eugenol y Glicerina, asociados a antibióticos o lidocaína (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

Hasta la fecha el uso de apósito de óxido de zinc y eugenol, combinado con anestésico tópico colocado en el interior del alveolo han dado buenos resultados en el tratamiento de la Alveolitis seca. Cosme Gay menciona que se puede utilizar una gasa yodoformada al 5% e impregnada, sin exceso, con eugenol. Estas gasas deberán cambiarse hasta que exista tejido de granulación en las paredes de la cavidad alveolar; para ello es necesario llevar un control clínico del caso cada 2 ó 3 días hasta que ceda el dolor. A continuación deberá irrigarse el alvéolo después de cada comida mediante una jeringa, durante aproximadamente 3 semanas y con sustancias antisépticas como la clorhexidina (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Benjamín, 2011).

### **Tratamiento sistémico**

- La utilización de analgésicos va a depender de la severidad del dolor, aunque debemos recordar que se suele tratar de un dolor intenso.
- Los antibióticos suelen prescribirse para evitar la posible infección del alvéolo, pero no son necesarios en sí para la curación de la alveolitis seca, esto es de acuerdo al criterio del odontólogo tratante.

## **20.3 Materiales y métodos**

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar el nivel de conocimientos que tienen los alumnos de la Facultad de Odontología, de la Universidad Veracruzana, región Veracruz con respecto a la Alveolitis seca.

#### **Objetivos específicos:**

- Identificar si los alumnos de la facultad de Odontología, de la Universidad Veracruzana conocen cuáles son los factores predisponentes de la Alveolitis seca.
- Identificar el porcentaje de alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana que tienen conocimiento sobre el tratamiento indicado para la Alveolitis seca.
- Determinar cuáles son los aspectos que desconocen los alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana acerca de la Alveolitis seca.

### **20.3 Hipótesis**

#### **Hipótesis de trabajo**

Los alumnos de la facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana cuentan con los conocimientos básicos para poder identificar y tratar la Alveolitis seca.

#### **Hipótesis nula**

Los alumnos de la facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana no cuentan con los conocimientos básicos para poder identificar y tratar la Alveolitis seca.

### **20.4 Variables**

#### **Alveolitis seca**

Es una complicación postoperatoria que se presenta desde de una exodoncia; es definida como dolor en y alrededor del alveolo que se presenta 1 o 3 días después de la extracción dental.

#### **Manejo adecuado**

El manejo adecuado de la Osteítis alveolar se basa en diagnosticar correctamente dicha complicación.

#### **Factores que intervienen en la Alveolitis seca**

Edad, sexo y uso de anticonceptivos orales, estado general del paciente, consumo de tabaco, aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, trauma quirúrgico y dificultad de la exodoncia, uso de anestésicos con vasoconstrictor y presencia de restos óseos o dentarios.

#### **Alumnos que están cursando y que ya cursaron la materia de exodoncia II**

Alumnos que han cursado la materia de exodoncia 1 y que cuentan con los conocimientos para diagnosticar y tratar la Alveolitis seca.

#### **Tipo y diseño general del estudio**

Se realizó un estudio de tipo transversal, cuantitativo, prospectivo con los alumnos que Alumnos que han cursado la materia de exodoncia 1 y que cuentan con los conocimientos para diagnosticar y tratar la Alveolitis seca. Con en el fin de evaluar el nivel de conocimiento que tienen sobre dicha complicación postoperatoria.

El cual se aplicó a los alumnos de cualquier edad y sexo, que quisieron participar en la investigación y que contaran con los criterios de inclusión. El análisis cuantitativo fue realizado con estadística descriptiva, expresada por tablas y gráficas, llevado a cabo por medio del programa Excel.

### **20.5 Criterios para la investigación**

#### **Criterios de inclusión**

- Alumnos que cursaron la experiencia educativa de exodoncia I.

### Criterios de exclusión:

- Alumnos que no han cursaron y/o cursan la experiencia educativa de exodoncia I.

### Criterios de eliminación:

- Cuestionarios que no se encuentren contestados al 100%.
- Cuestionarios en los cuales se marcaron 2 o más respuestas en una misma pregunta.
- Alumnos que no quieran participar en la investigación
- Alumnos que no pertenezcan a la Universidad Veracruzana.

### Procedimientos para la recolección de información

Se utilizó un cuestionario para la recolección de la información basado en la investigación realizada sobre el tema de Alveolitis seca, el cual se aplicó a los alumnos de Odontología de la Universidad Veracruzana, región Veracruz que ya cursaron la experiencia educativa de exodoncia I. Se evaluaron 110 cuestionarios de los cuales nuestra muestra fue de 96 cuestionarios. Se evaluaron el instrumento, se graficó y se analizaron los resultados obtenidos en el programa de Excel, se graficó en los siguientes niveles: Muy bueno, bueno, regular y malo.

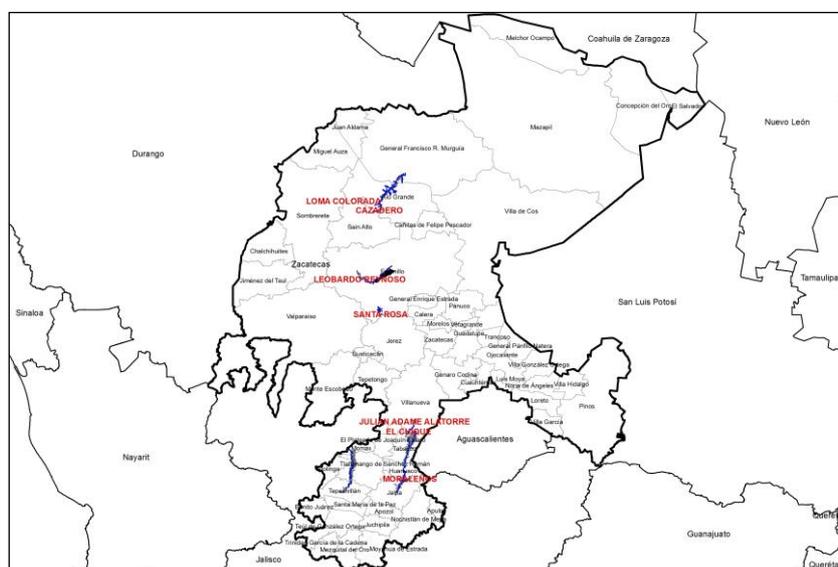
Después de graficar los datos recopilados se analizaron los resultados y se formularon las conclusiones de la presente investigación

## 20.6 Resultados y discusión

### Caso de estudio:

Los datos climatológicos a analizar, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, corresponden al distrito de riego 034 estado de Zacatecas conformado por seis módulos de riego, ubicándose tres de ellos en la zona norte del estado y tres más en la zona sur del mismo. Los módulos de riego que integran el distrito 034 son los siguientes: Módulo1 Leobardo Reynoso; Módulo 2 Santa Rosa; Módulo 3 Excamé; Módulo 4 Ing. Julián Adame Alatorre; Módulo 5 El Chique; y Módulo 6 El Cazadero (ver Figura 1).

**Figura 20** Ubicación geográfica de los módulos del distrito de riego 034 estado de Zacatecas



En cinco de los seis módulos de riego se cuenta con una estación climatológica convencional ubicada en la cortina de la presa que abastece a cada zona de riego y el módulo 1 "Leobardo Reynoso" carece de esta condición, pero dispone de una estación climatológica convencional dentro del polígono que delimita su superficie de riego.

Los datos generales de las seis estaciones base del estudio y sus registros históricos diarios corresponden a los reportados en la base CLICOM de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y se presentan en la Tabla 2 donde se remarcan en negritas.

De acuerdo a estos registros cuatro de las seis estaciones base presentan más del 90% de información climatológica en todo su periodo de operación y las dos restantes tienen más del 82% de datos. Sin embargo para realizar el análisis de homogeneidad se tiene que contar con series continuas, por lo que es necesario estimar la información faltante a partir de datos existentes.

Para este objetivo se ubicaron las estaciones climatológicas más cercanas a las estaciones base de cada módulo de riego y se seleccionaron aquellas que disponen de la información necesaria para completar los datos faltantes (ver Tabla 2).

**Tabla 20** Estaciones climatológicas base en los módulos del distrito de riego 034

Clave Oficial	Nombre	Municipio	Latitud			Longitud			Altitud msnm	Fecha		Años	% datos
			G	M	S	G	M	S		Inicio	Final		
32018	El Sauz	Fresnillo	23	16	54	103	06	32	2,096	1939-06	2010-12	71.5	89.3
	Módulo 1												
32020	Fresnillo	Fresnillo	23	10	26	102	53	27	2,201	1949-09	2010-12	61.2	78.4
32053	Santa Rosa	Fresnillo	22	55	33	103	06	46	2,236	1941-09	2010-12	69.2	90.4
32053	Santa Rosa	Fresnillo	22	55	33	103	06	46	2,236	1941-09	2010-12	69.2	90.4
	Módulo 2												
32020	Fresnillo	Fresnillo	23	10	26	102	53	27	2,201	1949-09	2010-12	61.2	78.4
32018	El Sauz	Fresnillo	23	16	54	103	06	32	2,096	1939-06	2010-12	71.5	89.3

### Análisis de las series de tiempo

Una vez completadas las series diarias de cada estación climatológica, tres por cada estación (temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación), se realizaron las pruebas de homogeneidad para evaluar su consistencia y determinar el periodo de tiempo en el cual la información es confiable. El análisis de homogeneidad de datos diarios es un problema de solución complicada pues éstos exhiben distribuciones de extremos amplios que son de difícil estimación, siendo este tipo de análisis un área abierta a la investigación. Un enfoque comúnmente usado entre los analistas del clima es realizar el análisis de homogeneidad a las series mensuales derivadas de datos diarios y es el procedimiento que se adoptó en este trabajo.

La hipótesis nula  $H_0$  considerada en las tres pruebas de homogeneidad fue que las observaciones son independientes e idénticamente distribuidas, por lo tanto, todas las permutaciones posibles son igualmente probables; mientras que la hipótesis alternativa  $H_1$  fue que un cambio en el valor promedio ocurre.

El nivel de significación considerado fue  $\alpha = 5\%$ . Se seleccionaron series mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de igual tamaño en cada estación climatológica aunque éste varía entre estaciones por el año en que iniciaron su operación.

Se aplicaron las pruebas a cada estación sin considerar las condiciones y resultados de las otras estaciones, puesto que el objetivo es identificar información confiable para desarrollar estudios posteriores de cambio climático para cada módulo de riego. Los resultados de las pruebas de homogeneidad fueron clasificados de acuerdo a los siguientes criterios:

Clase A; Útil. La serie de tiempo que confirma la hipótesis nula en las tres pruebas o en dos de las tres pruebas se considera homogénea y útil para el desarrollo de estudios posteriores.

Clase B; Dudoso. La serie de tiempo que sólo confirma la hipótesis nula sólo en una de las tres pruebas, exhibe un comportamiento preferentemente no homogéneo y debe inspeccionarse cuidadosamente antes de su posterior análisis.

Clase C; Sospechoso. La serie de tiempo que rechaza la hipótesis nula en las tres pruebas, exhibe un comportamiento no homogéneo y no se recomienda usarse en la forma analizada en estudios posteriores.

Las pruebas estadísticas se desarrollaron aplicando la herramienta computacional XLStat cuya versión de prueba puede ser descargada del sitio <http://www.xlstat.com/es/>.

Comportamiento de la series para la longitud máxima

### Determinación del periodo homogéneo de cada serie de tiempo

Finalmente se determinó el periodo de tiempo para el cuál el 100% de las series de cada módulo alcanzan la categoría A.

Esto se hizo recortando la longitud de la serie hasta alcanzar esta categoría, observándose que el periodo fuera el mismo para las tres variables climatológicas de la estación climatológica de cada módulo, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.8.

**Tabla 20.1** Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a las series de tiempo de las estaciones climatológicas de los módulos de riego del DR 034

Módulos	Periodo	Total de años	T. máx.	T. min.	Precipitación
M-1 Leobardo Reynoso	1940-2010	70	A	A	C
	1947-2010	63	A	A	A
M-2 Santa Rosa	1942-2010	68	A	A	A
	1946-2010	64	C	C	B
M-3 Excamé	1970-2010	40	A	A	A
	1965-2010	45	C	C	C
M-4 Ing. Julián Adame	1983-2010	27	A	A	A
	1961-2010	49	C	C	C
M-5 El Chique	1988-2010	22	A	A	A
	1964-2010	46	A	A	A

A Útil; B Dudoso; C Sospechoso.

## 20.7 Conclusiones

El análisis de homogeneidad realizado a las series mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial medidas en las estaciones climatológicas de los seis módulos del distrito de riego 034, permitió determinar sus tendencias y comportamiento estadístico.

Del análisis se tiene que sólo las series de los módulos Santa Rosa y Cazadero son homogéneas en todo su periodo de medición, 1942-2010 para el primero y 1964-2010 para el segundo. Mientras que los datos climatológicos de las estaciones pertenecientes a los cuatro módulos restantes, presentan rupturas o cambios abruptos en alguna o todas sus series de datos, siendo los casos críticos los módulos Ing. Julián Adame y El Chique ya que ninguna de sus tres series es homogénea y no es conveniente usar el 100% de sus registros para proyecciones de clima.

El análisis de homogeneidad también permitió ubicar el periodo en el cual las series de tiempo de estos cuatro módulos presentan un comportamiento homogéneo: Leobardo Reynoso 1947-2010, Excamé 1970-2010, Ing. Julián Adame 1983-2010 y El Chique 1988-2010. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para estudios que involucren las variables de clima evaluadas, como lo es el caso de estudios de cambio climático en la región del distrito de riego 034 Zacatecas.

## 20.8 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PRODEP-CONACyT a través del proyecto XYZXY.

## 20.9 Referencias

- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climate*, 6, 661–675.
- Alexandersson H. & Moberg A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- Buishand T. A., (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Ducre-Rubitaillé, J.-F., Vincent, L. A. & Boulet, G. (2003). Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series. *International Journal of Climatology*, 23, 1087–1101.
- Hanssen-Bauer, I. & Førland, E. (1994). Homogenizing long Norwegian precipitation series. *Journal of Climate*, 7, 1001–1013.
- Martínez M.D., Serra C., Burgueño, A. & Lana X. (2009). Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (NE Spain) for the period 1975–2004. *International Journal of Climatology*, 30(2), 267–290.
- Mihajlovic, D., (2006). Monitoring the 2003–2004 Meteorological Drought Over Pannonian Part of Croatia. *International Journal of Climatology*, 26, 2213–2225.
- Pettitt, A. N. (1979). A nonparametric approach to the change point detection. *Applied Statistics*, 28, 126–135.