



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA MICROCUENCA  
CORAZONES, VILLA HIDALGO, S.L.P**

**Por:**

**Alan Quintero Alonso**

**Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.**

**Abril 2014**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA MICROCUENCA  
CORAZONES, VILLA HIDALGO, S.L.P**

**Por:**

**Alan Quintero Alonso**

**Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Asesores**

**Dra. Catarina Loredo Osti**

**Dr. José Luis Lara Mireles**

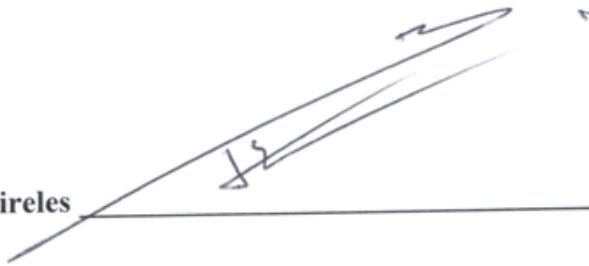
**Dr. José Luis Woo Reza**

**Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.**

**Abril 2014**

El trabajo de tesis titulado “**Caracterización y Propuesta de Manejo de la Microcuenca Corazones, Villa Hidalgo, S.L.P.**” fue realizado por **Alan Quintero Alonso** como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniero Agrónomo Zootecnista” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis:

**Dra. Catarina Loredo Osti**   
Asesora

**Dr. José Luis Lara Mireles**   
Asesor

**Dr. José Luis Woo Reza**   
Asesor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 31 días del mes de marzo de 2014.

## **DEDICATORIAS**

### **A mi hermana Jéssica Elideth Quintero Alonso**

Por ser mi compañera, impulsarme, cuidarme, y por ser un motivo más para seguir adelante y superarme cada día.

### **A mi Padre Jorge de Jesús Quintero Rocha**

Por ser mi apoyo, por educarme con su ejemplo, por sus consejos y porque siempre me enseñó a cuidar y valorar a mi familia.

### **A mi Madre María Eugenia Alonso Madrid**

Por ser mí fuerza y por qué gracias a ella hoy culmino esta etapa tan importante en mi vida, por no dejarme tomar caminos equivocados y por ser responsable de mí y de lo que a partir de hoy logre en mi vida.

### **A mi familia**

Por permitirme crecer con amor, con valores, con tradiciones y dejarme tantas enseñanzas, a mis abuelos muy en especial por todo su cariño.

Y a todas esas personas que han creído en mí y me han apoyado en todo este tiempo.

Les dedico mi trabajo con el que culmino mi educación profesional, pero también hago mi compromiso con todos ustedes de guiarme por el camino correcto y hacerlos sentir orgullosos de mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme tanto sin merecerlo, por darme la luz para guiarme y acompañarme por el camino correcto.

### **A la Sociedad Potosina**

Que por medio de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí me permitieron tener una formación profesional de calidad.

### **A la Facultad de Agronomía y Veterinaria**

Por todo lo que aprendí, por formarme como persona y profesionista y por todos esos recuerdos que siempre llevare conmigo.

### **A mis Asesores**

Por dedicarle tiempo y empeño a este trabajo, en especial a la Dra. Catarina Loredo Osti por la dirección de esta tesis, su paciencia y su motivación.

### **A mis Maestros**

A todos aquellos de los cuales aprendí, pero muy en especial de los que me enseñaron lecciones de vida y cambiaron mi forma de ver el mundo; A mi maestra Catarina Loredo Osti, a mi maestro Manuel Antonio Ochoa Cordero, a mi maestro José Luis Lara Mireles y a mi maestro José de Jesús Huerta Díaz.

### **A mis Compañeros**

A todos los que terminamos esta aventura, y de los que me llevo grandes recuerdos, a mis compañeros de Generación 2008-2012 y los que nos encontramos en el camino, así como a esas personas especiales que siempre formaran parte de esta etapa en mi vida, gracias.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Cuenca Hidrográfica.....	3
La Microcuenca.....	3
El Suelo.....	4
Erosión del Suelo.....	4
Erosión Hídrica.....	5
Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión.....	6
Métodos para el Cálculo del Suelo Perdido por Erosión Hídrica.....	6
Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización de la Microcuenca.....	14
Desarrollo del Proyecto.....	16
Generación de la Base de Datos.....	16
Procedimiento para la Digitalización y Carga de Base de Datos.....	16
Evaluación de Riesgo a la Erosión.....	18
Obtención de Indicadores Económicos y Sociales.....	19
Diseño del Programa para el Manejo de la Microcuenca.....	19
RESULTADOS.....	20
Caracterización Sociodemográfica.....	20

Infraestructura de Servicios.....	21
Educación.....	21
Alimentación.....	21
Salud.....	21
Servicios públicos.....	21
Sistemas de Producción.....	21
Agricultura.....	21
Ganadería.....	22
Maquinaria e implementos agrícolas.....	22
Clima.....	22
Caracterización Hidrológica.....	24
Suelo.....	26
Uso Actual del Suelo.....	28
Uso Agrícola.....	31
Uso Potencial.....	31
Erosión Potencial.....	33
Erosión Actual.....	34
Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas..	36
Prácticas agronómicas y vegetativas.....	37
Recomendaciones para el Manejo de Pastizales.....	41
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México .....	9
2	Valores del factor K estimado en función de la unidad de suelo y textura superficial (gruesa G, media M, fina F).....	10
3	Valores que toma “m” en función del grado de pendiente.....	11
4	Valores de C que se pueden utilizar para estimar las pérdidas de suelo en la EUPS.....	12
5	Valores de P que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo en la EUPS. ....	13
6	Coordenadas geográficas de la microcuenca “Corazones”, Villa Hidalgo, S.L.P.....	14
7	Distribución y principales características de la población de la microcuenca Corazones, municipio de Villa Hidalgo.....	20
8	Distribución de precipitación y temperatura en la estación climatológica de la estación Villa de Arista.....	23
9	Características morfológicas e hidrológicas de la microcuenca “Corazones” .....	25
10	Unidades de suelos presentes en la microcuenca “Corazones”.....	26
11	Asociaciones especiales de vegetación en la microcuenca “Corazones” .....	29
12	Tipo de uso agrícola en la microcuenca Corazones.....	31
13	Uso Potencial del suelo en la microcuenca Corazones.....	31
14	Clase de erosión potencial en la microcuenca Corazones.....	34
15	Clase de erosión actual en la microcuenca Corazones... ..	35
16	Clase de erosión esperada en la microcuenca Corazones .....	36
17	Valores para calcular el coeficiente de agostadero.....	41



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad.....	8
2	Localización de la microcuenca “Corazones”.....	15
3	Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Villa de Arista.....	24
4	Red de drenaje de la microcuenca “Corazones”.....	25
5	Tipos de suelo en la microcuenca “Corazones”.....	27
6	Uso actual de suelo en la microcuenca “Corazones”.....	28
7	Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca “Corazones”.....	28
8	Uso Potencial del suelo en la microcuenca “Corazones”.....	33
9	Erosión Potencial en la microcuenca “Corazones”.....	34
10	Erosión actual en la microcuenca “Corazones”.....	35
11	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca “Corazones”.....	37
12	Tinas Ciegas.....	40

## RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar los recursos de la microcuenca “Corazones”, Villa Hidalgo, S.L.P, así como evaluar el riesgo a la erosión hídrica a fin de proponer prácticas de manejo del suelo y agostaderos. Se generó una base de datos vía digitalización de mapas sobre edafología, uso actual y uso potencial; con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y aplicando el modelo de predicción “Ecuación Universal de Pérdida de Suelo”, se obtuvieron mapas de riesgo a la erosión. Se hizo una descripción sociodemográfica de la microcuenca y se analizó la tecnología disponible para el manejo de los recursos, para definir las prácticas de conservación y restauración más adecuadas. La superficie de la microcuenca es de 6,684 ha; cuenta con 700 habitantes. La temperatura media anual: 17.7°C; precipitación media anual: 352.2 mm; la altitud varía de 1800-2200 msnm. Los tipos de suelos predominantes son: Litosol (52.23%), Litosol asociado a Xerosol (41.69%), Xerosol háplico (2.10%) y Xerosol cálcico (1.57%). Con relación al uso actual del suelo, 7.1% de la superficie corresponde a uso agrícola de temporal, 38.0% está ocupada por matorral inerme solo o asociado a nopalera, 25.8% representa vegetación crasirosulifolia espinosa, 22.5% corresponde a cardonal asociado a matorral crasirosulifolio espinosos e izotal, 19.2% es matorral inerme, 2.5% matorral subinerme, 4.5% nopalera asociada a matorral espinoso e izotal y 0.7% es chaparral. El uso potencial del suelo está representado por las clases VIII (45.30%), VII/s (22.59%), VI/c (19.39%) y VI/sc (11.88%). Considerando el riesgo potencial a la erosión hídrica ( $\text{ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), 53% de la superficie de la microcuenca presenta riesgo ligero (0-10 ton), 32% riesgo moderado (10-50 ton); 13% riesgo alto (50-200 ton) y 2% riesgo muy alto (>200 ton). Debido a que el uso potencial predominante en la microcuenca es la ganadería extensiva, se propuso un programa de manejo de pastizales con control de la carga animal para la recuperación de la cobertura vegetal. Las prácticas mecánicas propuestas para el control de azolves fueron terrazas de formación sucesiva en los terrenos agrícolas y tinajas ciegas para las partes altas. En ambos casos se obtuvo un diseño tipo.

## SUMMARY

The objectives of this study was to characterize the resources of the "Corazones" watershed in the municipality Villa Hidalgo, S. L. P , and evaluate the risk of the water erosion to propose mechanical, vegetative and agronomic management practices and the resources preservation. A database was generated with a digitizing maps of edaphology, actual use and potential use, with the support of Geographic Information Systems and applying the prediction model "Universal Soil Loss Equation" erosion risk maps were obtained. There was a demographic description of the watershed and the available technology was analyzed for the resources management, to define the most appropriate management, conservation and restoration practices. The watershed area is 6,684 ha, with a population of 670 inhabitants. The average annual temperature is 17.7° C, average annual rainfall: 352.2 mm. The altitude ranks among the 1800 to 2200. The ground types are: Litosol with medium texture (52.23%), Litosol calcico medium texture (41.69%), Xerosol haplico medium texture (2.10%) , Calcico medium texture (1.57%). The actual soil use presents the following distribution: 92.9 are special associations of vegetation (unarmed scrub, cactus, etc) which is used for livestock; only 7.1% are agricultural use land. According to the potential soil use of watershed the soil classes are VI/c (19.4 % ), VI/sc (11.9 % ), VII/s (22.6 % ), VIII (45.30 % ) . Considering the potential risk to water erosion ( $\text{ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ), 53% of the area of the watershed presents slight risk (0-10 ton), 32% moderate risk (10-50 ton); 13% higher risk (50-200 ton) and 2% very high risk (> 200 ton). The agronomic and vegetative management practices recommended are: rangeland management in order to maintain ground cover with animal support capacity, mechanical practices, which can be implemented are: terraces successive formation and construction of closed ponds. In both cases a type design was obtained.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural básico; es un sistema dinámico, sirve de soporte para el crecimiento de las plantas, microorganismos edáficos, y microfauna; regula el destino del agua en el ciclo hidrológico es un sistema reciclador de nutrientes y residuos orgánicos (Loredo *et al.*, 2005).

En el Estado de San Luis Potosí, la erosión hídrica, es un problema importante ya que es uno de los principales problemas que degrada el suelo. Debido a que la erosión es un proceso que puede tener consecuencias de importancia, que varían desde modificaciones irreversibles al hábitat y pérdida de biodiversidad hasta daños a infraestructura, inundaciones, azolvamiento de cuerpos de agua, entre otros, se han desarrollado diversas técnicas para tratar de minimizar sus efectos, que pueden clasificarse en tres grupos: Técnicas agronómicas (preparan el suelo para mejorar su estructura y su capacidad de favorecer el desarrollo vegetal), las vegetativas (las que utilizan la cobertura vegetal para proteger el suelo), y las mecánicas o físicas (relacionadas a la ingeniería, incluyen movimiento de suelo desde modificaciones a la topografía hasta la construcción de terrazas, cortavientos o encauzamientos de agua o aire) (Morgan, 1997).

Este proceso se desencadena básicamente cuando el hombre provoca con sus actividades el deterioro de la cobertura vegetal (Becerra, 1999). Las causas más frecuentes de la degradación del suelo son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (SEMARNAT, 2000).

La erosión hídrica es el principal proceso de deterioro de la tierra en el mundo; por ella, miles de hectáreas han sido inutilizadas para la producción. Es un proceso complejo en el cual intervienen diversos factores, los cuales para el caso de la erosión hídrica, han sido agrupados por la FAO en: climáticos, edáficos, topográficos y humanos (Becerra, 1999)

Sea cual sea la práctica que se realice para la conservación del suelo debe de incluir cuatro acciones básicas: 1) Proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) Incrementar la capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial;

3) Mejorar la estabilidad de los agregados del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento y 4) Aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Kirkby y Morgan, 1984).

Es por eso la importancia de las prácticas de conservación que ayuden a minimizar el riesgo a la erosión hídrica de los suelos, para beneficio de los habitantes de la zona geográfica en la cual se encuentra ubicada la microcuenca.

### **Objetivos**

- Caracterizar los recursos de la microcuenca Corazones.
- Evaluar el riesgo a la erosión hídrica en la microcuenca Corazones.
- Realizar propuestas de manejo de los recursos en la microcuenca Corazones.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Cuenca Hidrográfica**

Es una zona de la superficie terrestre delimitada por un parteaguas, cuyos escurrimientos drenan por una corriente o un sistema de corrientes a un mismo punto de salida. El parteaguas es una línea imaginaria compuesta por los puntos de mayor elevación del contorno de la cuenca hidrográfica, que distribuye al escurrimiento originado por la precipitación, en el sistema de cauces que fluye hacia la salida de la cuenca. (Loredo *et al.*, 2007).

Una cuenca se divide en estas zonas: parteaguas, zonas de producción de sedimentos, zonas de transferencias de sedimentos, zonas de depósito de sedimentos y sistema de drenaje, que se definen por su origen o por el transporte de los sedimentos (Durán, 2012).

En la cuenca existen factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos, culturales, etc. Que se interrelacionan entre sí, dando a cada cuenca su propia dinámica (CIAT, 1999). A su vez la cuenca se subdivide en microcuencas (Loredo *et al.*, 2007).

### **La Microcuenca**

La microcuenca es una parte de la cuenca y es considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones.

Actualmente, cuando el deterioro de los recursos naturales es acelerado y la sociedad tiene mayor interés en este problema, el concepto de microcuenca como unidad de manejo, puede ser estratégico, si además de las condiciones físico-biológicas, se consideran las condiciones sociales y económicas de sus habitantes (Loredo *et al.*, 2007).

La erosión en una microcuenca, en general se puede controlar con cuatro acciones básicas que son: 1) Proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) Incrementar la capacidad de infiltración; 3) Mejorar la estabilidad del suelo para

protegerlo del salpicamiento; y, 4) Aumentar la rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Kirkby y Morgan, 1984), como anteriormente se había mencionado.

## **El Suelo**

Es un recurso natural básico que sirve de enlace entre los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas terrestres, es considerado un recurso no renovable, y es el resultado de la intemperización del material parental por efecto del clima, relieve y organismos en un periodo de tiempo determinado. Tiene propiedades físicas, químicas y biológicas, de las cuales dependen los diferentes tipos de suelo y su funcionalidad; es el soporte para la vida terrestre animal, vegetal y microbiótica edáfica (Loredo, 2005).

## **Erosión del Suelo**

La erosión es el proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas del suelo. Es un proceso que tiene como consecuencias la pérdida paulatina de la capa arable. En áreas de pastizal este fenómeno se inicia con la disminución de la cubierta vegetal, que en este caso desempeña el papel de retenedor y protector del suelo contra los agentes erosivos como son el agua y el viento, además se puede decir que la vegetación es también formadora de suelo (Kirkby y Morgan 1984).

De acuerdo al agente erosionante (agua o viento) se diferencian dos tipos de erosión: hídrica y eólica. La erosión hídrica ocurre cuando el agua de lluvia desprende las partículas de los agregados en la superficie del suelo y estos son arrastrados por el escurrimiento superficial y la erosión eólica cuando el agente causal es el viento.

Clasificación de la erosión:

a) Por su naturaleza:

- Natural o geológica
- Inducida o acelerada

b) Por el agente activo que la produce:

- Hídrica

- Eólica
- c) Por la intensidad del proceso
- Ligera
  - Moderada
  - Severa
  - Muy severa

### **Erosión Hídrica**

La lluvia tiene efecto en el suelo a través del impacto de las gotas sobre la superficie y por el humedecimiento de éste, que provocan desagregación de las partículas primarias, origina también el transporte de partículas de aspersión y proporciona energía al agua del escurrimiento superficial (Glenn *et al.*, 1990).

La erosión hídrica se divide en:

- Erosión por las gotas de lluvia: Es la salpicadura de suelo lo que se origina cuando las gotas de lluvia caen directamente sobre partículas de suelo o superficies de agua muy delgadas.
- Erosión laminar: Elimina uniformemente el suelo en estratos delgados, como consecuencia de la corriente superficial o laminar que escurre en capas delgadas sobre el terreno en pendiente.
- Erosión en surcos: Cuando hay una concentración de flujo superficial, el agua actúa sobre el suelo desplazándolo y originando canales o arroyuelos pequeños pero bien definidos.
- Erosión en cárcavas: Esta forma de erosión abre canales mayores que los riachuelos, los cuales conducen agua durante o inmediatamente después de las lluvias, la labranza no borra sus cauces.

Los daños causados por la erosión hídrica pueden ser de diferente tipo, de acuerdo a Foth y Turk (1975):

- Pérdida de la productividad del suelo.
- Pérdida del agua por escurrimiento.
- Depósito de tierra infértil en terrenos productivos.



- Formación de cárcavas en terrenos de cultivos.
- Sedimentación de los vasos de almacenamiento.

### **Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión**

Existen diferentes prácticas mecánicas para evitar la acción de la erosión entre las que se encuentran el surcado en contorno, la construcción de terrazas en curvas a nivel, cultivos en fajas, tinas ciegas, etc.

En las áreas agrícolas los terrenos se siguen laboreando con prácticas tradicionales como barbecho y rastreo, sin hacer uso de prácticas más económicas como el multirado; además los productores tienen la costumbre de introducir a los animales en los terrenos de cultivo una vez que se han levantado las cosechas. Lo cual incrementa la compactación del suelo y deja la superficie del terreno desprovista de vegetación y a expensas de los agentes erosivos (Loredo, 2005).

Las prácticas mecánicas consisten en movimientos del suelo y/o material subyacente, realizados con propósitos de conservación de suelo y agua en terrenos con pendiente. Para su construcción se utilizan implementos agrícolas, maquinaria especial o mano de obra.

Los principales objetivos de las prácticas mecánicas de conservación de suelos son:

- Reducir la erosión hídrica
- Reducir la magnitud y la velocidad de los escurrimientos superficiales
- Favorecer la infiltración, e incrementar con ello la humedad disponible
- Desalojar los excedentes de agua a velocidades no erosivas
- Reducir la carga de sedimentos de los escurrimientos superficiales

### **Métodos para el Cálculo del Suelo Perdido por Erosión Hídrica**

Para cuantificar la magnitud de la erosión se han desarrollado diversos métodos; algunos basados en la determinación directa del suelo perdido por erosión, mientras que otros constituyen estimaciones numéricas del proceso. Para una mayor precisión en su determinación, durante más de 40 años de investigaciones y experiencias se logró un modelo paramétrico: la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS).

## **Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo**

La EUPS fue desarrollada por Wischmeier y Smith en 1978 con la finalidad de estimar la pérdida de suelo anual así como el valor promedio de un periodo representativo de años, que se genera en un determinado lugar, a partir de las distintas formas de erosión ante determinadas condiciones de clima, suelo, vegetación, y usos de suelo. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo involucra los siguientes factores (Wischmeier y Smith, 1978.):  $A = R K L S C P$ .

Dónde:

A = Es el promedio anual de pérdida de suelo (ton/ha/año).

R= Es el factor de erosividad de la lluvia (MJmm/ha hr año).

K= Es el factor de erosionabilidad del suelo (ton ha hr/MJ mm ha).

L= Es el factor de la longitud de la pendiente (adimensional).

S= Es el factor de grado de la pendiente (adimensional).

C= Es el factor de manejo de cultivos (adimensional).

P= Es el factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional).

### **Erosividad de la lluvia (R)**

Representa la habilidad o agresividad de la lluvia para producir erosión; es decir, la energía cinética de la lluvia necesaria para remover y transportar las partículas del suelo. Las gotas de lluvia primero mojan el suelo y después remueven las partículas.

Cuando la precipitación excede la capacidad de infiltración, se presenta el escurrimiento superficial, el cual también tiene la habilidad de remover y transportar las partículas de suelo. Las gotas de lluvia al impacto con la superficie del suelo, rompen los agregados y remueven las partículas de suelo, produciendo una ligera compactación. La capa compacta disminuye la capacidad de infiltración, originando el escurrimiento superficial. Wischmeier y Smith (1978) señalan que el mejor estimador de la erosividad de la lluvia es el EI30, el cual se obtienen con la siguiente ecuación (Loredo *et al.*, 2007):

$$EI30 = (E) (I30)$$

En donde:

El30= Índice de erosividad para un evento (MJmm/ha hr)

E = Energía cinética de la lluvia (MJ/ha)

I30 = Intensidad máxima en 30 minutos continuos de lluvia (mm/hr).

Con la suma de todos los El30 de cada uno de los eventos del año, se obtiene el índice de erosividad anual (R). Entonces:

$R = \sum_{j=1}^n El30_j$

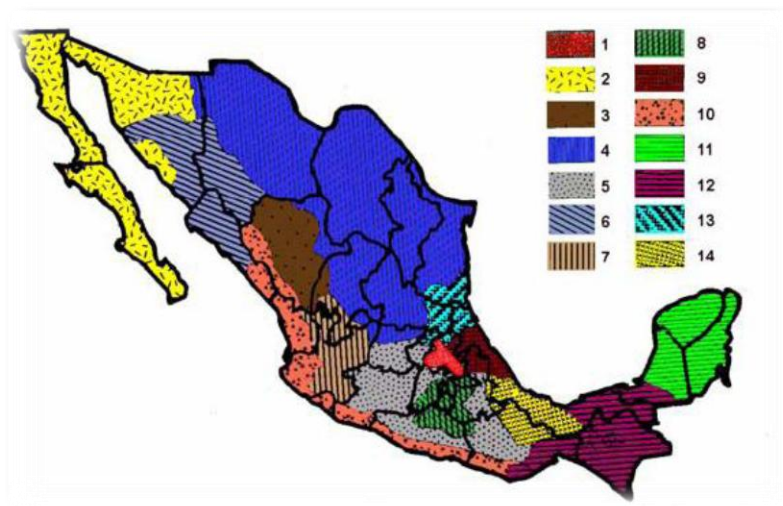
En donde:

R =Erosividad de la lluvia

n =número de eventos durante el año

El30 =Índice de erosividad de la lluvia por evento

Cortés estimó valores de El30 para las distintas regiones de la República Mexicana y propone catorce modelos de regresión (ecuaciones) a partir de datos de precipitación media anual (x) para estimar el valor de R de la EUPS;



**Figura 1.** Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad.

Fuente: [www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos\\_excell/01estim-erosion.xls](http://www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos_excell/01estim-erosion.xls).

**Cuadro1.** Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México.

REGIÓN	ECUACIONES <b>Y = EI30; X = lluvia anual</b>	R <sup>2</sup>
1	$Y = 1.20785x + 0.002276 x^2$	0.92
2	$Y = 3.45552x + 0.006470x^2$	0.93
3	$Y = 3.67516x + 0.001729x^2$	0.94
4	$Y = 2.89594x + 0.002983x^2$	0.92
5	$Y = 3.48801x - 0.000188x^2$	0.94
6	$Y = 6.68471x + 0.001680x^2$	0.90
7	$Y = 0.03338x + 0.006661x^2$	0.98
8	$Y = 1.99671x + 0.003270x^2$	0.98
9	$Y = 7.04579x - 0.002096x^2$	0.97
10	$Y = 6.89375x + 0.000442x^2$	0.95
11	$Y = 3.77448x + 0.004540x^2$	0.98
12	$Y = 2.46190x + 0.006067x^2$	0.96
13	$Y = 10.74273x - 0.001008x^2$	0.97
14	$Y = 1.546x + 0.002640x^2$	0.95

Fuente: Cortés, 1991

### **Erosionabilidad del suelo (K)**

Se define como la susceptibilidad de un suelo particular a ser erosionado. Depende de la textura, contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo, de los óxidos de hierro y aluminio, de los carbonatos, de las uniones electroquímicas, del contenido inicial de humedad, del tamaño de los agregados y de la permeabilidad (Becerra 1999).

Para su estimación en el caso de cuencas se recomienda utilizar la metodología propuesta por la FAO (1980), para estimar el valor de K a partir de la textura superficial y la unidad de suelo.

**Cuadro 2.** Valores del factor K estimado en función de la unidad de suelo y textura superficial (gruesa G, media M, fina F).

<b>Símbolo</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>	<b>Sím- bolo</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>	<b>Tex.</b>
	<b>G</b>	<b>M</b>	<b>F</b>		<b>G</b>	<b>M</b>	<b>F</b>		<b>G</b>	<b>M</b>	<b>F</b>
A	0.026	0.040	0.013	Jd	0.026	0.040	0.013	Rd	0.026	0.040	0.013
Af	0.013	0.020	0.007	Je	0.026	0.040	0.013	Rx	0.053	0.079	0.026
Ag	0.026	0.030	0.013	Jt	0.053	0.079	0.026	S	0.053	0.079	0.026
Ah	0.013	0.020	0.007	Jp	0.053	0.079	0.026	Sg	0.053	0.079	0.026
Ao	0.026	0.040	0.013	K (h,k,l)	0.026	0.040	0.013	Sm	0.026	0.040	0.013
Ap	0.053	0.079	0.026	L	0.026	0.040	0.013	So	0.053	0.079	0.026
B	0.026	0.040	0.013	La	0.053	0.079	0.026	T	0.026	0.040	0.013
B(c,d,e,k)	0.026	0.040	0.013	Lc	0.026	0.040	0.013	Th	0.013	0.020	0.007
Bf	0.013	0.020	0.007	Lf	0.013	0.020	0.007	Tm	0.013	0.020	0.007
Bg	0.026	0.040	0.013	Lg	0.026	0.040	0.013	To	0.026	0.040	0.013
Bh	0.013	0.020	0.007	Lk	0.026	0.040	0.013	Tv	0.026	0.040	0.013
Bk	0.026	0.040	0.013	Lo	0.026	0.040	0.013	U	0.013	0.020	0.007
B (v, x)	0.053	0.079	0.026	Lp	0.053	0.079	0.026	V	0.053	0.079	0.026
C (h,k,l)	0.013	0.020	0.007	Lv	0.053	0.079	0.026	W	0.053	0.079	0.026
D (d,g,e)	0.053	0.079	0.026	M (a,g)	0.026	0.040	0.013	Wd	0.053	0.079	0.026
E	0.013	0.020	0.007	N (d,e,h)	0.013	0.020	0.007	We	0.053	0.079	0.026
F(a,h,p,o)	0.013	0.020	0.007	O (d,e,x)	0.013	0.020	0.007	Wh	0.026	0.040	0.013
G	0.026	0.040	0.013	P	0.053	0.079	0.026	Wm	0.026	0.040	0.013
Gc	0.013	0.020	0.007	Pf	0.053	0.079	0.026	Wx	0.053	0.079	0.026
G (d,e)	0.026	0.040	0.013	Pg	0.053	0.079	0.026	X	0.053	0.079	0.026
G (h,m)	0.013	0.020	0.007	Ph	0.026	0.040	0.013	Y	0.053	0.079	0.026
G (p,x)	0.053	0.079	0.026	Po	0.053	0.079	0.026	Z	0.053	0.079	0.026
Gv	0.053	0.079	0.026	Pp	0.053	0.079	0.026	Zg	0.026	0.040	0.013
H(c,g,h,l)	0.013	0.020	0.007	Q	0.013	0.020	0.007	Zm	0.013	0.020	0.007
I	0.013	0.020	0.007	R	0.026	0.040	0.013	Zo	0.026	0.040	0.013
J	0.026	0.040	0.013	Re	0.026	0.040	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026
Jc	0.013	0.020	0.007	Rc	0.013	0.020	0.007				

Fuente: Becerra, 1999.

### **Longitud (L) y grado de pendiente (S)**

La pendiente del terreno afecta los escurrimientos superficiales imprimiéndoles velocidad. La longitud de la pendiente está definida por la distancia del punto de origen del escurrimiento superficial al punto donde cambia el grado de pendiente. Estos factores se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$L = \lambda 22.13 m (0.065 + 0.45s + 0.0065s^2)$$

Donde:

L: Factor de longitud de la pendiente.

$\lambda$ : Longitud de la pendiente m: Coeficiente que depende del grado de la pendiente (varia de 0.2 a 0.5 como se presenta en el cuadro 3.)

**Cuadro 3.** Valores que toma “m” en función del grado de pendiente.

Grado de pendiente (%)	Valor de m
<1	0.2
1-3	0.3
3-5	0.4
>5	0.5

Fuente: Wischmeier y Smith, 1978.

### **Factor de cubierta vegetal (C)**

El manejo de la cubierta vegetal requiere de la integración de diversas prácticas, entre las cuales destacan la agricultura de conservación, la introducción de cultivos alternativos, la reconversión de áreas agrícolas de baja productividad a uso pecuario, el manejo y rehabilitación de pastizales y el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales (Loredo, 2005).

El factor C es valor atenuante y toma valores de 0 a 1.

**Cuadro 4.** Valores de C que se pueden utilizar para estimar las pérdidas de suelo en la EUPS.

Cultivo	Nivel de productividad		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Pastizal en buenas condiciones	0.01	0.054	
Pastizal sobrepastoreado	0.10	0.22	
Maíz – sorgo, mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón y tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuete	0.4 a 0.8		
Palma, cacao y café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

Fuente: [www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos\\_excell/01estim-erosión.xls](http://www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos_excell/01estim-erosión.xls)

### Factor por prácticas mecánicas (P)

Su principal objetivo son los escurrimientos superficiales para disminuir la erosión hídrica en los terrenos con pendiente, varía de 0 a 1 e indica el valor de la práctica de conservación. Existen diferentes prácticas mecánicas para evitar la acción de la erosión entre las que se encuentra el surcado al contorno, la construcción de terrazas en curvas a nivel, cultivos en fajas, tinas ciegas, etc. (Loredo *et al.*, 2007.)

**Cuadro 5.** Valores de P que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo en la EUPS.

Práctica	Valor de P
Surcado al contorno	0.75-0.90
Surcos rectos	0.80-0.95
Franjas al contorno	0.60-0.80
Terrazas (2-7% de pendiente)	0.50
Terrazas (7-13% de pendiente)	0.60
Terrazas (mayor de 13%)	0.80
Terrazas de banco	0.10
Terrazas de banco en contrapendiente	0.05

Fuente: [www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos\\_excell/1estim-erosion.xls](http://www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos_excell/1estim-erosion.xls).

Los principales objetivos de las prácticas mecánicas de conservación de suelos son:

- Reducir la erosión hídrica
- Reducir la magnitud y la velocidad de los escurrimientos superficiales
- Favorecer la infiltración, e incrementar con ello la humedad disponible
- Desalojar los excedentes de agua a velocidades no erosivas
- Reducir la carga de sedimentos de los escurrimientos superficiales

Algunas de las prácticas mecánicas más comunes son las siguientes:

a) Surcado al contorno, b) Zanjas de subsoleo, de absorción, de desagüe, canal empastado. c) Terrazas de base angosta o formación sucesiva, de base ancha, de banco, de bancos alternos, canal amplio (terrazza de Zingg) (Becerra, 1999).



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de la Microcuenca

La microcuenca Corazones se localiza en el Municipio de Villa Hidalgo en el estado de San Luis Potosí.

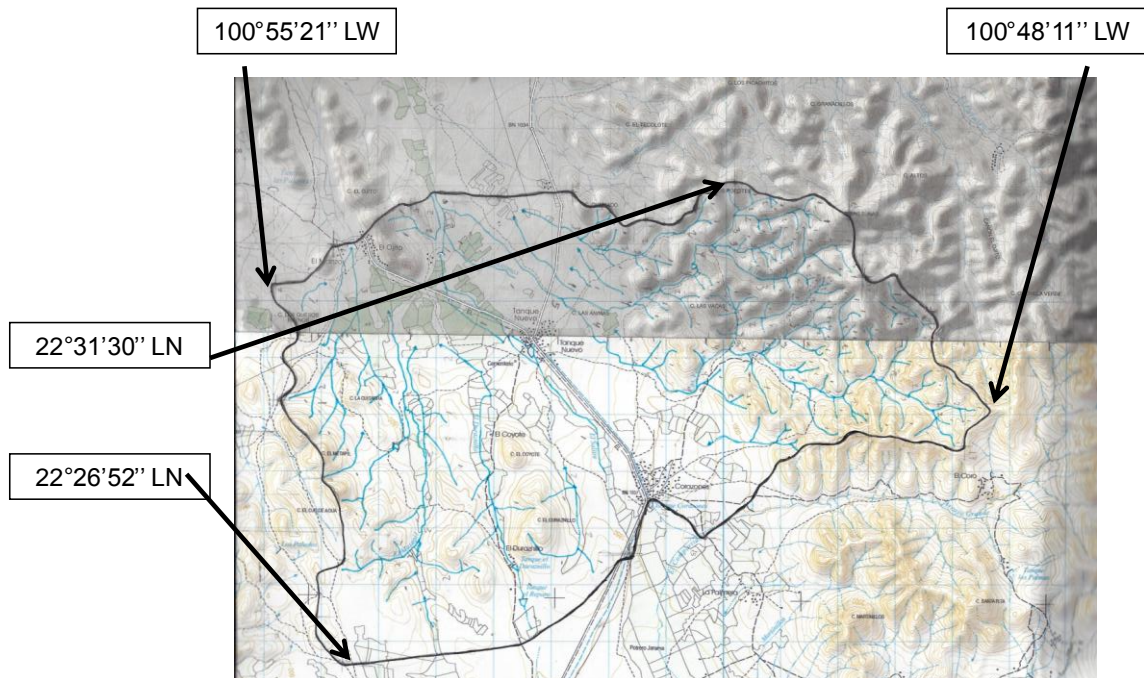
Colinda al norte con el municipio de Villa de Guadalupe, al este con los municipios de Guadalcazar y Cerritos, al sur con el municipio de Armadillo de los Infante, al oeste con los municipios de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, Villa de Arista y Venado.

**Cuadro 6.** Coordenadas geográficas de la microcuenca “Corazones”, Villa Hidalgo, S.L.P.

Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud
22°31'30''	100°48'11''	1800-2200 msnm
22°26'52''	100°55'21''	

Se delimitó la microcuenca corazones en las cartas topográficas F14A74 y F14A64. La microcuenca Corazones cuenta con 6683.93 ha.

Las localidades que la integran son: Corazones, El Arbolito (El Coyote), El Durazno de Juárez, El Ojito, Mi Ranchito, Tanque de la Cruz, Tanque Nuevo.



**Figura 2.** Localización de la microcuenca “Corazones”

El presente proyecto consistió en las siguientes actividades:

- ❖ Caracterización de los recursos de la microcuenca y predicción de riesgo a la erosión hídrica. Mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en ingles) y con el apoyo de cartografía de INEGI se caracterizaron los recursos.
- ❖ Se estimó el riesgo a la erosión mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978) adaptada por la FAO (1980). El proceso consistió en delimitar el área de estudio y obtener información sobre edafología, uso actual, uso potencial, así como mapa fisiográfico, a través del modelo de elevación digital escala 1:50000 (INEGI, 2007).
- ❖ La erosividad de la lluvia se obtuvo mediante la ecuación correspondiente a la Región, propuesta por Cortés (1991), considerando que Y se refiere al índice de erosividad y x a la precipitación media anual (Figuroa *et al.*, 1991).
- ❖ Propuesta de manejo de los recursos de la microcuenca. Se realizaron propuestas de manejo para el uso adecuado del suelo de acuerdo a su capacidad, así como el logro del control de la erosión.

## **Desarrollo del Proyecto**

El estudio se realizó de acuerdo a lo siguiente:

- Se caracterizaron las condiciones climáticas y fisiográficas de la microcuenca.
- Se caracterizaron las condiciones socioeconómicas de la microcuenca.
- Se estimó la erosión hídrica actual y potencial con un modelo de predicción de pérdida de suelo, para ello se generó una base de datos.
- Se identificaron tecnologías y prácticas de manejo a fin de promover el uso adecuado en la microcuenca para realizar las acciones de manejo.
- Se obtuvieron diseños “tipo” para terrazas de formación sucesiva y tinas ciegas para reforestación.

## **Generación de la Base de Datos**

En la carta topográfica escala 1:50 000 de INEGI se realizó la delimitación de la microcuenca Corazones, posteriormente se digitalizó el área usando una tabla digitalizadora GTCO5 con punk o digitalizador PC Arc/info y por último se usó para el mapeo e impresión el programa ArcView. Se obtuvo una base de datos de los recursos de esta microcuenca, vía digitalización de mapas temáticos sobre suelos, uso potencial del suelo, vegetación y uso actual.

De acuerdo con estos mapas, se realizó la descripción de los tipos de vegetación, tipo de suelo, y uso potencial en la microcuenca determinando su extensión por hectárea y el porcentaje que ocupa el área.

## **Procedimiento para la Digitalización y Carga de Base de Datos**

Se abre un directorio, se invoca el programa con ARC enter, y se crea una cobertura estando en ARC/INFO dándole orden con las siguientes teclas CREATE nombre de la cobertura, TABLES, SELL nombre de la cobertura, ADD, donde el programa pide los TICs los cuales son identificadores o puntos de control de la cobertura, anteriormente numerados al igual que las coordenadas de latitud y longitud en grados decimales. Una vez determinado este modelo TABLES se tecléa QUIT ST. Se comienza a digitalizar estando en el programa y directorio donde se creó la cobertura invocando al comando de

edición con las instrucciones: ARCEdit, DISPLAY 4, EDIT manifiesta el nombre de la cobertura, DRAW arc tic; DRAW dibuja los tics y los arcos de la cobertura y COORDIG dando enter después de la instrucción, a lo que posterior a este comando todas las instrucciones tienen que ser dadas desde el punto de la tableta; la computadora pide los TICs, los cuales se introducen desde el digitalizador presionando el número del TIC.

Posteriormente se presiona la intersección de las líneas de control del digitalizador exactamente en el TIC del mapa correspondiente al número que se marcó anteriormente y tecleando la letra "A" del digitalizador dos veces una vez que se colocaron bien el punto del tic. Una vez que se termina de introducir los tics la máquina pide otro, pero se oprime la letra A en vez del número de tics para salir. Ya dados todos los tics a la cobertura se dan las siguientes ordenes: EF, ARC, ADD que agrega los elementos a editar.

Para empezar a digitalizar hay que oprimir el (8) opciones del digitalizador, luego el (3) que es para evitar el auto incremento al valor del indicador. Se ubica un punto para empezar a digitalizar oprimiendo el (0), y se prosigue digitalizando oprimiendo el número (2) apareciendo un punto, inmediatamente se oprime consecutivamente el (1) a la vez que se va moviendo la intersección de las dos líneas del digitalizador, procurando que la distancia entre uno y otro no se supere a 1 mm principalmente por las líneas sinuosas.

Para salir del programa y grabar lo digitalizado se oprime el (9) en el punto y se escribe SAVE, QUIT enter. Para corregir y quitar errores se da CLEAN nombre de la cobertura de salida, los valores de tolerancia ARCEdit, DISPLAY 4, EDIT (nombre de la cobertura de salida a la que se hizo la limpieza CLEAN), DRAW arc TIC NODE DANGLE; DRAW EDITDISTANCE.003, SETDRAWSYM 5. Primer caso cuando las líneas están pesadas se selecciona con EF ARC; SEL MANY o EF ARC; SEL BOX, y luego DELETE enter, cuando llega la línea se le da EF NODE; MOVE enter, después se graba y se sale del programa con SAVE y QUIT enter.

Se etiqueta y se crea la base de datos de los polígonos digitalizados con las instrucciones siguientes: ARCW, DESCRIBE cobertura final limpia, BUILD cobertura final limpia, POLY; LIST cobertura final limpia. PAT; para crear la base de datos:

TABLES, SELECT cobertura final limpia, POLY para que integre los campos que se introdujeron dar enter después de cada comando.

El programa Arc View GIS versión 3.1 soporta mucho tipo de información y esta aparece en ventanas diferentes. Se puede usar la ventana del documento para desplegar y operar: “vistas” despliega un mapa conteniendo cada capa de información; “tablas” despliegan la información tubular, bases de datos, “gráficos” representan de manera visual la información tubular en seis tipos de gráficos, “layouts” permite juntar los diferentes tipos del proyecto y otros componentes de un mapa, “scripts” es un programa de Arc View, que permite personalizar la aplicación.

### **Evaluación de Riesgo a la Erosión**

Con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica, utilizando datos vectoriales, se identificaron áreas homogéneas y se realizaron las sobre posiciones de mapas necesarias para obtener el plano de riesgo potencial a la erosión, así como el uso potencial con las recomendaciones de manejo de la microcuenca, para la elaboración del mapa de riesgo a la erosión se utilizó una adaptación (Zárate 1998) que considera a la metodología propuesta por la FAO (1980), basada en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, para estimar la erosión superficial.

Se utilizaron los siguientes mapas: isoyetas medias anuales, mapas de pendientes (modelo de elevación digital), unidades de suelo de acuerdo a la clasificación FAO, fases físicas del suelo, textura y el mapa de uso del suelo y vegetación. Se trabajó con la cartografía de INEGI, escala 1:50 000.

Para estimar el riesgo a la erosión los factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo considerados fueron R, K, L, S, (erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, factor por longitud de pendiente y factor por grado de pendiente en ese orden). Enseguida se realiza la simulación para la obtención de las prácticas de manejo. Para conocer cuales prácticas de manejo son las necesarias para reducir las pérdidas de suelo a límites permisibles o cambios esperados en la pérdida de suelo, en función de cambios en el manejo de los recursos, los factores de la EUPS considerados son C= Factor por cobertura vegetal (adimensional) y P = Factor por prácticas de manejo (adimensional).

### **Obtención de Indicadores Económicos y Sociales**

Se identificaron las condiciones sociales y la factibilidad social de adopción y desarrollo de las prácticas de manejo propuestas como resultado de este proyecto. Esto a través de la obtención de datos relacionados con los aspectos técnicos, socioeconómicos, climáticos y agropecuarios del área de estudio, considerando la información del Censo de Población y vivienda 2010, así como trabajos de investigación, libros y manuales.

### **Diseño del Programa para el Manejo de la Microcuenca**

Así pues con la información generada en sus diferentes etapas se integró el programa para el manejo de la microcuenca “Corazones” que aquí se presenta.

## RESULTADOS

### Caracterización Sociodemográfica

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año del 2010, la microcuenca Corazones contaba con una población total de 700 habitantes, de los cuales se tienen identificados 329 hombres y 356 mujeres, Distribuidos como se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro 7.** Distribución y principales características de la población de la microcuenca Corazones, municipio de Villa Hidalgo.

Localidad	Población total	Población masculina	Población femenina
Corazones	255	124	131
El Arbolito (El Coyote)	3	*	*
El Durazno de Juárez	0	0	0
El Ojito	211	95	116
Mi Ranchito	28	17	11
Tanque de la Cruz	12	*	*
Tanque Nuevo	191	93	98
Total	700	329	356

\*no se encuentra con información

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI 2010.

La mayor concentración de población se encuentra en Corazones con 36.42% del total de habitantes, seguida de El ojito con 30.14% y de Tanque nuevo con 27.28%, siendo estas tres las de mayor relevancia.

En el total de la población se tienen 329 mujeres que representan el 47% de la población, mientras que 356 siendo el 53% de la población corresponde a hombres.

## **Infraestructura de Servicios**

### Educación

El municipio de Villa Hidalgo cuenta con 93 escuelas de educación básica y media superior, con solo 289 alumnos egresados de educación primaria, con 1,346 personas mayores de 6 años que no saben leer ni escribir.

### Alimentación

La alimentación de la población en general es maíz, frijón, tortilla, huevo, nopal, carne de diferentes especies como (bovino, porcino, ovino, caprino) y derivados como leche y queso. La mayoría de los productos, así como la producción, son de auto consumo.

### Salud

En el municipio existen 7,769 derechohabientes al servicio de salud, con 14,000 personas de planta al servicio médico y 10,000 unidades médicas en todo el municipio.

### Servicios públicos

En el municipio se han beneficiado más de 1,862 familias con el programa federal de oportunidades.

Se cuenta con 2,965 tomas de agua entubada directas a las familias en el municipio, así como 4,621 tomas de luz.

En el municipio se cuenta con servicios públicos como agua potable, alcantarillado, alumbrado público, recolección de basura y seguridad pública entre otros.

## **Sistemas de Producción**

Las principales actividades productivas en la comunidad son la agricultura y la ganadería, aunque un pequeño porcentaje de la población se dedica al comercio o laboran en la cabecera municipal y ciudades aledañas.



## Agricultura

Los principales cultivos que se localizan son: maíz, frijol y chile, que se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa a nivel local o hacia la misma región.

## Ganadería

La actividad ganadera se realiza de manera extensiva, la cual se lleva a cabo en las serranías, ya que las partes planas son destinadas a la agricultura. El tipo de ganado que manejan es caprino, bovino, ovino y equino.

## Maquinaria e Implementos Agrícolas

Hay muy pocos implementos agrícolas, cuando se tiene la posibilidad se renta a quien lo requiere así como maquinaria, por lo que tienen que hacer sus labores con yunta, o rentan la maquinaria a quien sí la tiene.

## Clima

El clima es del tipo seco semicálido con una temperatura media anual de 17.7°C, con una máxima de 25.7°C y una mínima de 9.6°C promedio anual, con heladas de diciembre a enero.

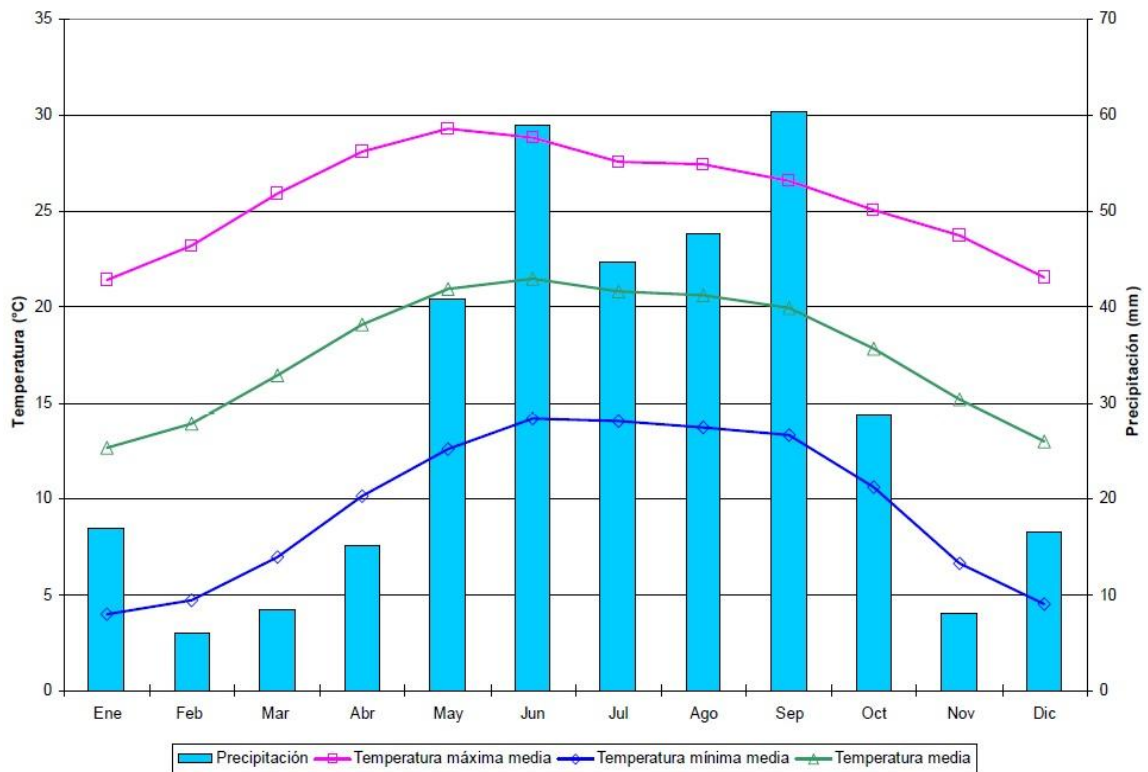
La precipitación promedio anual es 352.2 mm, que se concentra entre los meses de mayo a octubre, Con una precipitación máxima en 24 horas de 90 mm en el mes de Junio.

En el siguiente climograma que se muestra en la figura 3 se observan los meses de diciembre y enero como los más fríos con temperaturas promedio de 13°C, extendiéndose los meses de lluvia de mayo a con una precipitación máxima de 60 mm y los meses de sequía de noviembre a abril, por lo que se puede apreciar que se tienen lluvias insuficientes teniendo la necesidad de almacenar agua para los meses de más baja precipitación, como se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8.** Distribución de precipitación y temperatura en la estación climatológica de la estación Villa de Arista.

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima media (°C)	21.4	23.2	25.9	28.1	29.3	28.8	27.6	27.5	26.6	25.1	23.7	21.5	25.7
Temperatura máxima maximorum (°C)	35.6	41.0	40.3	46.2	39.5	40.9	39.5	36.4	37.7	35.0	36.4	36.2	46.2
Temperatura mínima media (°C)	4.0	4.7	7.0	10.1	12.6	14.2	14.0	13.7	13.3	10.6	6.6	4.5	9.6
Temperatura mínima minimorum (°C)	-4.0	-6.0	-8.0	-9.0	4.0	5.0	1.7	6.0	3.0	0.0	-6.0	-5.0	-9.0
Temperatura media (°C)	12.7	14.0	16.5	19.1	21.0	21.5	20.8	20.6	19.9	17.8	15.2	13.0	17.7
Temperatura diurna media (°C)	17.7	19.1	21.5	23.6	25.0	25.0	24.1	24.0	23.4	21.7	20.0	18.0	21.9
Temperatura nocturna media (°C)	7.7	8.8	11.5	14.6	16.9	18.0	17.5	17.2	16.5	13.9	10.3	8.0	13.4
Oscilación térmica (°C)	17.4	18.5	18.9	18.0	16.7	14.6	13.6	13.8	13.3	14.4	17.1	17.0	16.1
Precipitación (mm)	16.9	6.0	8.5	15.1	40.8	59.0	44.7	47.6	60.3	28.8	8.1	16.5	352.3
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	28.0	20.0	26.0	43.0	39.0	90.0	60.0	76.0	55.0	54.0	22.0	65.0	90.0
Número de días con lluvia	3.0	1.1	1.4	2.4	4.9	5.4	5.0	5.6	6.4	3.7	2.0	2.2	43.2
Evaporación (mm)	115.4	127.3	188.3	207.6	230.4	213.0	213.8	196.1	172.7	153.1	118.0	115.5	2051.1
Evapotranspiración potencial (mm)	93.9	106.2	147.9	166.3	182.4	169.5	164.3	159.2	137.9	123.4	102.4	89.5	1643.0
Fotoperíodo (hr)	10.8	11.3	11.9	12.5	13.1	13.4	13.3	12.8	12.2	11.5	11.0	10.6	12.0

Fuente: Medina *et al.*, 2005.

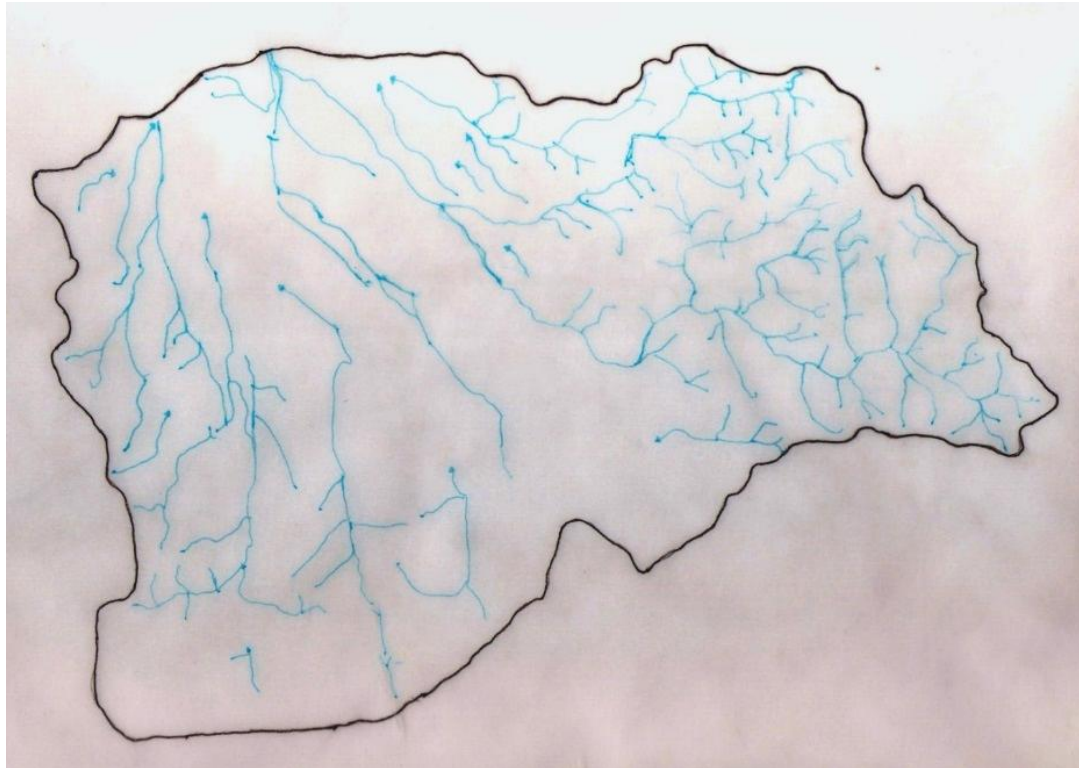


**Figura 3.** Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Villa de Arista.  
Fuente: Medina *et al.*, 2005

### Caracterización Hidrológica

La cuenca es de tipo arreico con una red de drenaje de tipo dendrítico. Esa red cuenta con corrientes del tipo efímeras, ya que solo conducen agua durante el tiempo de lluvias o después de estas.

El sistema de corrientes cuenta con 131 corrientes de primer orden, 33 de segundo orden, 8 de tercer orden y 2 de cuarto orden.



**Figura 4.** Red de drenaje de la microcuenca “Corazones”

**Cuadro 9.** Características morfológicas e hidrológicas de la microcuenca “Corazones”.

Característica	Valor
Área	66.8393km <sup>2</sup>
Perímetro	36.83km
Longitud de la cuenca	10.5km
Índice de forma	0.6048 simétrica
Coefficiente de compacidad	1.27
Relación de bifurcación	6.04
Densidad de drenaje	0.67
Densidad de corriente	2.60 corrientes/km <sup>2</sup>

## Suelo

El suelo predominante es del tipo Litosol con textura media, Litosol cálcico con textura media en terreno ligeramente ondulado con pendientes menores del 8%, Xerosol haplico con textura media y Xerosol cálcico.

**Cuadro 10.** Unidades de suelos presentes en la microcuenca “Corazones”.

Unidad de Suelo	Tipo de suelo	Área(ha)	Porcentaje (%)
I/2	Litosol textura media	3491.11	52.23
I+Xk/2	Litosol cálcico asociado a Xerosol cálcico textura media	2786.47	41.69
Xh/2	Xerosol háplico textura media	140.36	2.10
Xk/2	Xerosol cálcico textura media	104.83	1.57

Los suelos I/2 se caracterizan por tener una profundidad menor a 10 cm, con presencia de roca, tepetate o caliche. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo.

Se localizan en las sierras, en laderas y barrancas, así como en lomeríos y algunos terrenos planos. Tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos.

Su uso en matorrales o pastizales es de pastoreo más o menos limitado, en algunos casos se destina a la agricultura en cultivos de maíz o el nopal.

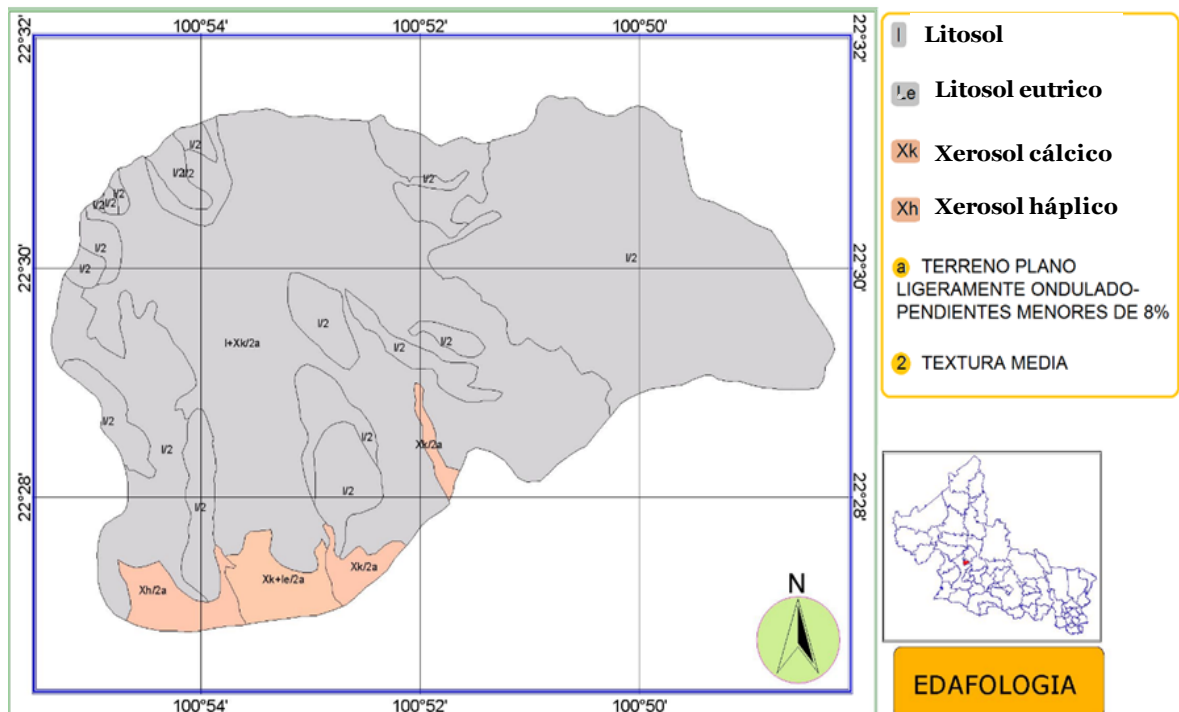
Susceptible a la erosión, su uso depende de la vegetación que lo recubra, destinados al uso forestal, a uso de pastoreo limitado si hay presencia de pastizal, y en algunos casos al cultivo de maíz o nopal.

Xh/2: Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal, tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica.

Debajo de esta capa puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien, muy semejante a la capa superficial. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Su rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego.

Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad. Con la subunidad haplico, suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Esta unidad de suelo cuenta con textura media.

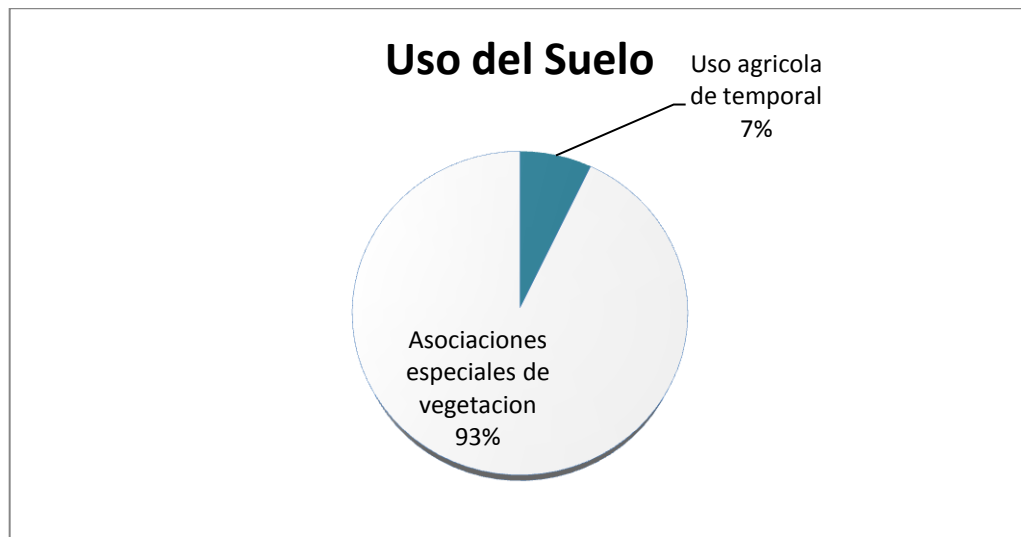
Kk/2: Castañozem cálcico de textura media: Suelos de color castaño o pardo de climas semisecos. Tienen una capa superficial oscura, gruesa, rica en materia orgánica y nutrientes; puede haber cal o yeso en algún lugar del suelo.



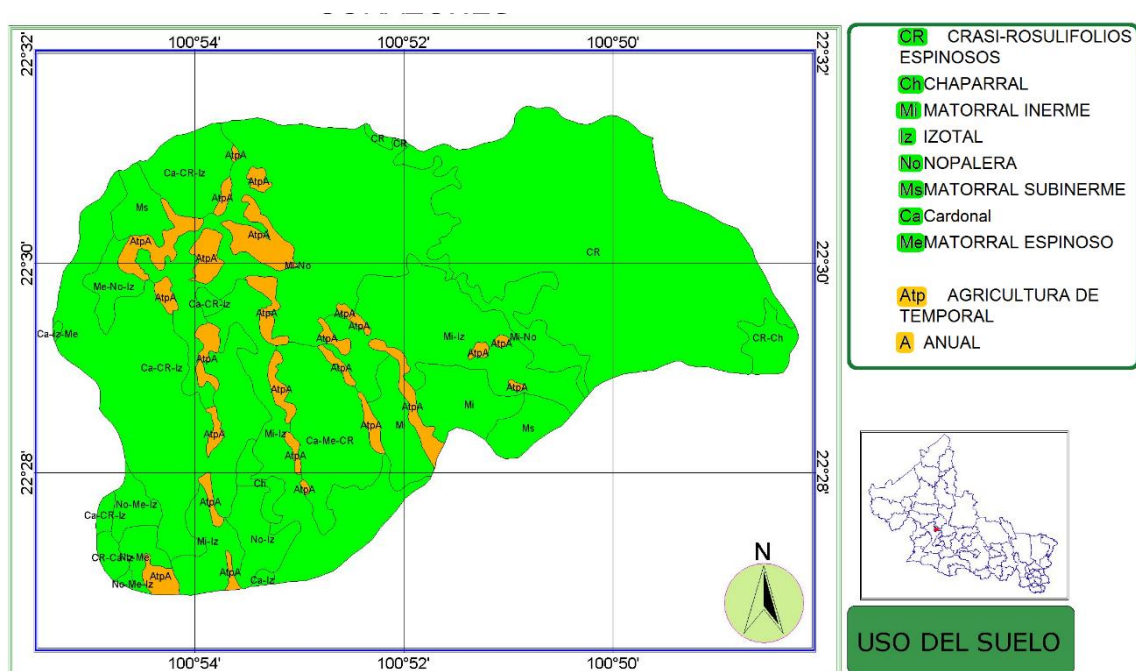
**Figura 5.** Tipos de suelo en la microcuenca “Corazones”.

## Uso Actual del Suelo

El uso del suelo en la microcuenca no es excesivo ya que en su gran mayoría se destina a asociación de especies de vegetación con poca posibilidad de producción agrícola o pecuaria. Actualmente el uso en la microcuenca se clasifica en; Uso agrícola de temporal con el 7.10% y Asociaciones especiales de vegetación con el 92.9%.



**Figura 6.** Uso actual de suelo en la microcuenca “Corazones”.



**Figura 7.** Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca “Corazones”.

Las asociaciones especiales de vegetación ocupan el 92.9% de la superficie siendo las siguientes:

**Cuadro 11.** Asociaciones especiales de vegetación en la microcuenca “Corazones”.

Símbolo	Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% en la microcuenca
Ca-CR-Iz	Cardonal-Crasi Rosulifolios Espinosos-Izotal	1082.31	16.20
Ca-Iz	Cardonal- Izotal	8.26	0.12
Ca-Iz-Me	Cardonal-Izotal-Matorral espinoso	4.08	0.06
Ca-Me-CR	Cardonal- Matorral espinoso Crasi- Rosulifolios Espinosos	306.25	4.58
CR	Crasi Rosulifolios Espinosos	1723.27	25.79
CR-Ca-Iz	Crasi Rosulifolios Espinosos- Cardonal-Izotal	29.69	0.44
CR-Ch	Crasi Rosulifolios Espinosos-Chaparral	72.14	1.08
Ch	Chaparral	44.71	0.67
Me-No-Iz	Matorral espinoso-Nopalera-Izotal	71.38	1.07
Mi	Matorral inerme	276.08	4.13
Mi-Iz	Matorral inerme-Izotal	1008.51	15.09
Mi-No	Matorral inerme-Nopalera	1186.43	17.76
Ms	Matorral subinerme	169.09	2.53
No-Iz	Nopalera-Izotal	108.15	1.62
No-Me	Nopalera-Matorral espinoso	49.26	0.74
No-Me-Iz	Nopalera-Matorral espinoso-Izotal	67.88	1.02

Cardonal (Ca): Agrupación de plantas crasas, con altura a veces de 5 a 10 metros; generalmente se encuentran en zonas de clima cálido, semicálido y templado, con grados de humedad árido y semiárido. Se incluyen aquí las agrupaciones de las siguientes especies: *Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo), *Stenocereus spp.* y *Pachycereus spp.* (Órganos, Candelabros y Cardones), *Cephalocereus senilis* (Viejito, Viejo), *Neobuxbaumia tetetzo* (Teteches), etc.



Crasi-rosulifolios espinosos (CR): Asociaciones de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como: magueyes (*Agave* spp.), guapillas (*Hechita* spp.), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), espadín (*Agave striata*), sotoles (*Dasyilirion* spp.), etc.

Izotal (Iz): Agrupaciones del género *Yucca*, conocidas como palmas en el norte e izotes en el sur de México; se encuentran en zonas áridas y semiáridas, algunas especies son *yucca filifera*, palma china (*yucca decipiens*), palma samandoca (*yucca carnerosana*), izote (*yucca periculosa*), etc. Se encuentra presente en matorrales y algunos pastizales naturales.

Nopalera (No): Son asociaciones de plantas comúnmente conocidas como nopales *Opuntia* spp, presenta sus tallos planos, se encuentra en zonas áridas y semiáridas, es importante su aprovechamiento de frutos y tallos para consumo humano y pecuario.

Chaparral.- Vegetación generalmente de árboles y arbustos esclerófilos de 1-4 m de alto, resistentes al fuego. Se desarrolla principalmente en laderas de cerros por arriba de los matorrales de zonas áridas y semiáridas, así como de pastizales naturales y en ocasiones entre mezclados con otro tipo de vegetación como matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, mezquital y bosques de pino y encino. Está formada por especies arbustivas de *Quercus* spp. *Arctostaphylos* spp. *Cercocarpus* spp. *Amelanchier* spp. El uso principal de esta comunidad vegetal es para la obtención de leña y el pastoreo de ganado caprino y bovino.

Matorral inerme (Mi): Comunidad formada por más del 70% de plantas sin espinas, como los matorrales de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojaseñ (*Flourenzia cernua*), nagua blanca o trompillo (*Cordia greggi*), hierba de burro (*Franseria dumosa*), etc.

Matorral espinoso.- asociación vegetal donde más del 70% de las plantas son espinosas, entre las que se encuentran: *Acacia* spp. *Prosopis* spp. *Mimosa* spp. Pudiendo estar acompañadas de *Opuntias*.

Matorral subinerme (Ms): Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción de unas y otras es mayor de 30% y menor de 70%. Este tipo de vegetación se encuentra en laderas, cañadas y partes altas, sean planas o con pendientes, de las mesetas o lomeríos. Crecen sobre suelos someros que a veces presentan una capa superficial de hojarasca y son comunes los afloramientos de roca madre.

### Uso Agrícola

La superficie con uso agrícola es del 7.10% de la superficie total, siendo 474.74 ha de terreno, con cultivos de temporal permanente anual.

**Cuadro 12.** Tipo de uso agrícola en la microcuenca Corazones.

Tipo de vegetación	Descripción	Superficie ha	%
AtpA	Agricultura de temporal permanente para cultivos anuales	474.74	7.10

AtpA: Este tipo de agricultura depende de la precipitación anual, con cultivos anuales adaptados a bajas precipitaciones de lluvia, como maíz y frijol.

Los cultivos anuales son los que permanecen sembrados por un tiempo variable no mayor a un año de acuerdo a su ciclo de producción.

### Uso Potencial

El uso potencial es el uso más apropiado de acuerdo a las características del suelo a fin de garantizar una producción sostenible sin deteriorar los recursos naturales.

Las clases de uso de suelo en la microcuenca son las siguientes:

**Cuadro 13.** Uso Potencial del suelo en la microcuenca “Corazones”.

Clase de capacidad de uso de la tierra	Superficie (ha)	Superficie(%)
VI/c	1295.97	19.39
VI/sc	794.19	11.88
VII/s	1509.98	22.59
VIII	3082.88	45.30

Unidad de clase VI/c. Los terrenos de esta clase son aptos para la actividad forestal (plantaciones forestales). También se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación, etc.) Son aptos para pastos.

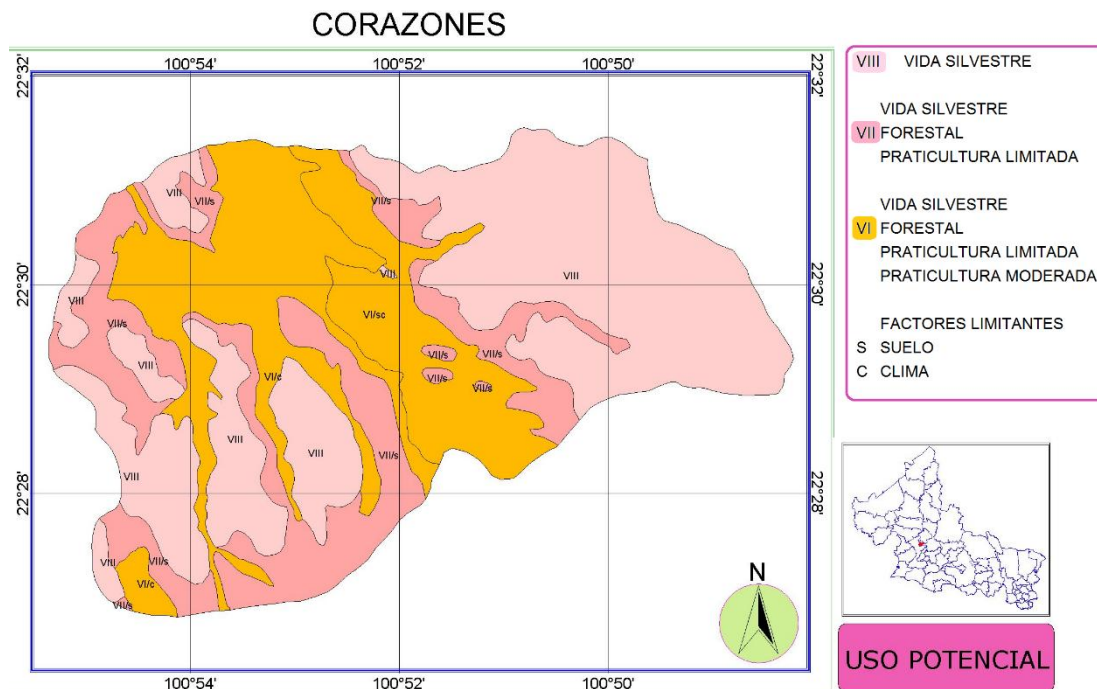
Otras actividades permitidas en esta clase son el manejo del bosque natural y la protección. Restricciones: Limitado por clima (c): En él se atiende la cantidad de agua disponible, ya sea que provenga de la lluvia, de sistemas de riego, de la humedad debida a la retención de agua proveniente de la precipitación o de la combinación de las dos primeras condiciones.

Unidad de clase VI/sc. Los terrenos de esta clase son aptos para la actividad forestal (plantaciones forestales). También se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación, etc.) Son aptos para pastos. Otras actividades permitidas en esta clase son el manejo del bosque natural y la protección.

Unidad de clase VII/s. Son suelos inapropiados para uso agropecuario y están relegados para propósitos de explotación de recursos forestales, son de topografía abrupta y pendientes extremadamente empinadas; son de drenaje pobre y tienen problemas de inundación severa, muy delgados y con pedregosidad excesiva. Son adecuados para vegetación natural (forestación) y ganadería.

Restricciones: Limitado por suelo (s): De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad.

Unidad de clase VIII. Son suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre. Son suelos con pedregales, arenosos, áridos y destruidos por la erosión. Se le puede dar un uso en recreación o protección de los recursos que se encuentren.



**Figura 8.** Uso Potencial del suelo en la microcuenca “Corazones”.

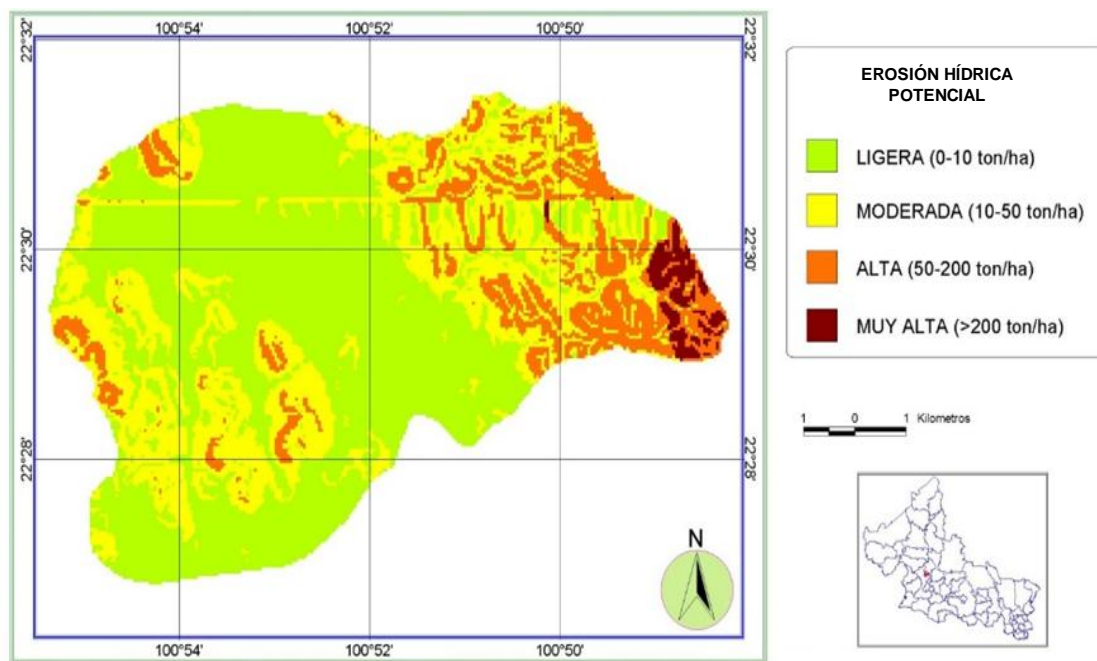
### **Erosión Potencial**

La erosión potencial hace referencia a la erosión que se produciría si se elimina completamente la vegetación del territorio sin afectar al resto de los parámetros de los que depende, como la pendiente, la susceptibilidad del suelo a la erosión u otros.

La erosión potencial predominante en la microcuenca es de la clase ligera con riesgo de pérdida de suelo de 0 a 10 t ha<sup>-1</sup> en el 53% (3548.31 ha), en segundo lugar le sigue la erosión moderada con una pérdida de suelo de 10 a 50 t ha<sup>-1</sup> en 32% (2114.46), en tercer lugar se encuentra la erosión potencial alta con pérdidas de suelo que por lo general son de 50 a 200 t ha<sup>-1</sup> con un 13% (874.48 ha), mientras que la erosión muy alta se presenta en un 2% (118.49 ha) de la superficie total de la microcuenca con riesgo de una pérdida de mayor a 200 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 14.** Clase de erosión potencial en la microcuenca Corazones.

Clase de Erosión	Superficie(ha)	%
Ligera( 0-10 t/ha)	3548.31	53
Moderada(10-50 t/ha)	2114.46	32
Alta(50-200 t/ha)	874.48	13
Muy Alta (>200)	118.49	2



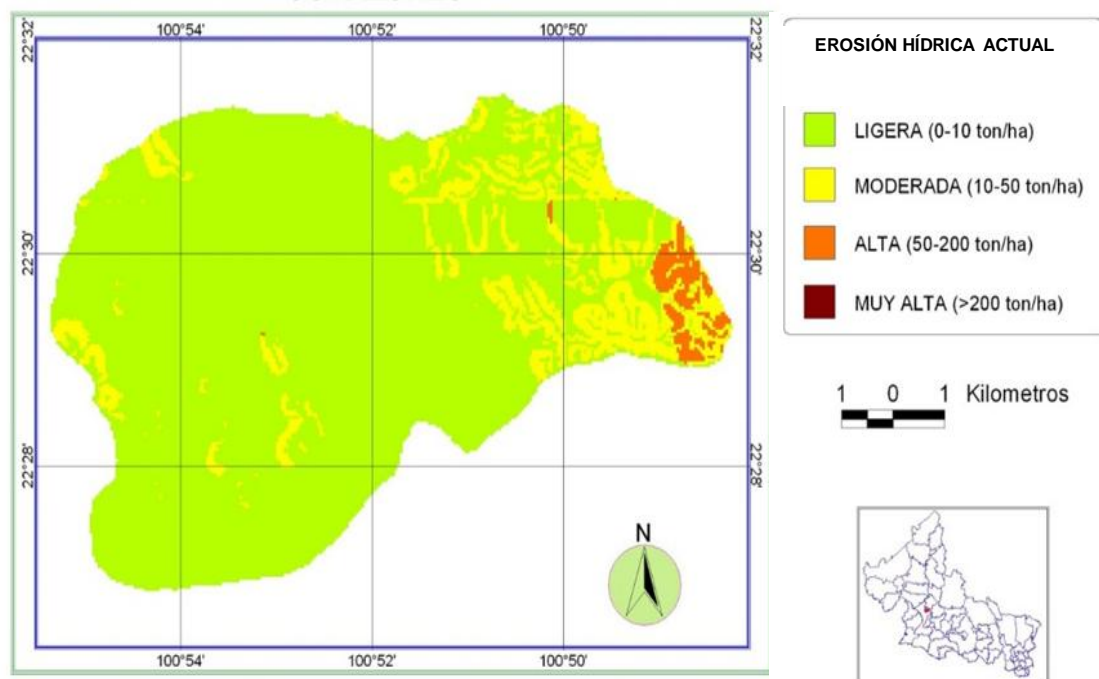
**Figura 9.** Erosión Potencial en la microcuenca “Corazones”.

### Erosión Actual

El problema de la erosión actual se presenta por que en la mayoría de las ocasiones los pobladores no mantienen un manejo adecuado y sustentable de la vegetación, ocasionando severos daños ambientales que se ven reflejados en la pérdida de suelo. La erosión más predominante es la de la clase ligera (pérdida de suelo de 0-10 t/ha/año), seguida de la moderada (10-50 t/ha/año).

**Cuadro 15.** Clase de erosión actual en la microcuenca Corazones.

Clase de Erosión	Superficie(ha)	%
Ligera( 0-10 t/ha)	5390.10	81
Moderada(10-50 t/ha)	1141.64	17
Alta(50-200 t/ha)	122.40	1.98
Muy Alta (>200)	1.60	0.02



**Figura 10.** Erosión actual en la microcuenca “Corazones”.

### Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas

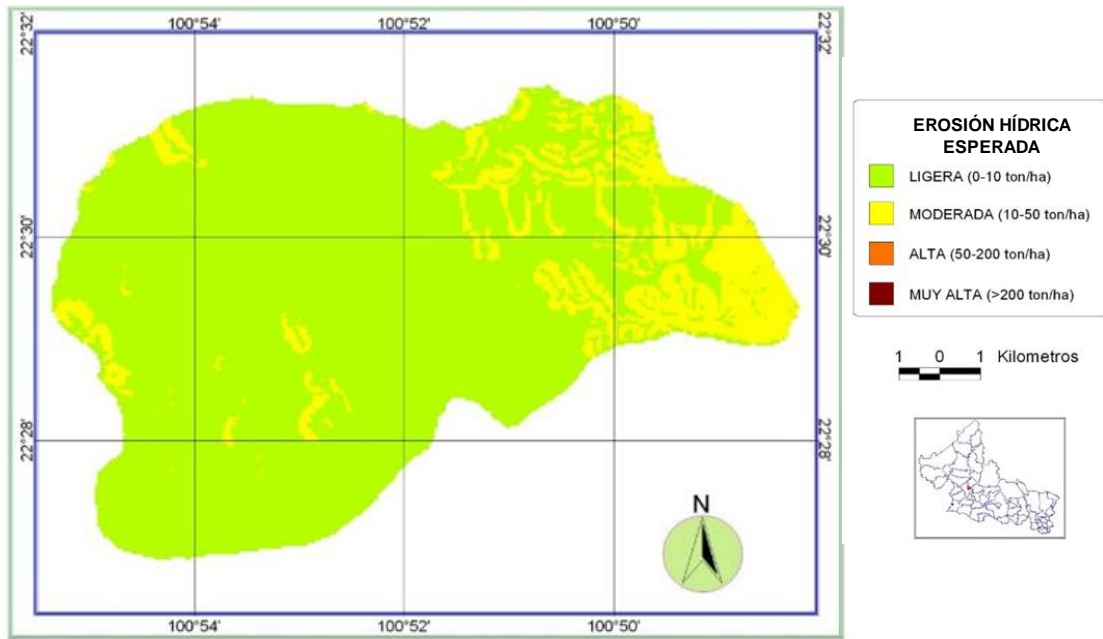
La cobertura del suelo es el factor más importante en el control de la erosión hídrica; incluye a la vegetación (natural o cultivada) y los residuos de cosecha. Tiene efectos benéficos en la reducción de las pérdidas de suelo ya que le brinda protección contra la acción de los agentes erosivos. Con base al grado de protección durante el año, las coberturas vegetales pueden ser temporales o permanentes. Una cubierta vegetal suficiente reduce la erosión a límites aceptables. La eficiencia de la vegetación para reducir la erosión depende de la altura y continuidad de la cubierta vegetal aérea, de la densidad de la cobertura en el suelo y de la densidad de raíces (Figuerola *et al.*, 1991).

Es posible observar cómo se va reduciendo la erosión potencial y actual en la medida en la que se incluyen prácticas de manejo de la cobertura y prácticas mecánicas de conservación del suelo (cuadro 16).

Comparando la erosión con prácticas de manejo de especies vegetales con la erosión actual, se observa que deja de existir la erosión hídrica alta y se aprecia una diferencia en los niveles de erosión los cuales se reducen significativamente. Las prácticas vegetativas consideran el desarrollo de plantas en agostaderos, en sistemas agroforestales, áreas naturales y cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo, lugares en los cuales se debe llevar a cabo un manejo adecuado de las especies vegetales en los cultivos, además de realizar prácticas de reforestación y revegetación del área, junto a ello actividades o prácticas que involucren el desarrollo de éstas (Loredo *et al.*, 2005).

**Cuadro 16.** Clase de erosión esperada en la microcuenca Corazones con manejo.

Clase de Erosión	Superficie(ha)	%
Ligera( 0-10 t/ha)	5663.74	85.10
Moderada(10-50 t/ha)	990.5	14.88
Alta(50-200 t/ha)	1.5	0.02
Muy Alta (>200)	0	0



**Figura 11.** Erosión esperada con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca “Corazones”.

#### Prácticas mecánicas y agronómicas

En las tierras de temporal que forman el 7% de la cuenca (474.74 ha) es necesario establecer prácticas como las siguientes:

- Asociación de cultivos
- Terrazas de formación sucesiva

**Asociaciones de cultivos:** Esta práctica introduce la biodiversidad en el espacio, mediante el cultivo de dos o más especies diferentes en la misma parcela, de forma que se beneficien mutuamente o de forma que se beneficie una sin verse afectada la otra.

Los diferentes cultivos pueden sembrarse mezclados o separarse por líneas o grupo de líneas, de forma que sea más sencilla la recolección (Delgado, 1987).

**Terrazas de formación sucesiva:** Son terraplenes que se forman por el movimiento del suelo entre los bordos de tierra.

Éstos detienen el suelo que proviene del área entre terrazas, construyendo un canal de desagüe aguas abajo del bordo.

Los objetivos y beneficios que se buscan con esta obra son los siguientes:



- Controlar la erosión laminar
- Interceptar los escurrimientos superficiales
- Propiciar la formación de terrazas
- Auxiliar a la reforestación en el incremento de la supervivencia de especies vegetales

Beneficios:

- Retienen suelo
- Favorecen una mayor retención de humedad
- Favorecen el desarrollo de especies forestales y vegetación natural
- Disminuyen la longitud de la pendiente y por tanto la erosión del suelo

Para realizar la construcción de terrazas de formación sucesiva se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Medir la pendiente del terreno
2. Determinar el intervalo vertical y horizontal
3. Construir las terrazas de formación sucesiva
4. Compactar el bordo
5. Plantar especies forestales sobre el bordo

*Diseño sugerido:*

En la microcuenca Corazones el intervalo vertical para la zona agrícola se sugiere de la siguiente manera:

*Intervalo Vertical*

$$IV = ap + b$$

$$IV = (0.225)(8\%) + (0.45)$$

$$IV = 2.25$$

*Intervalo Horizontal*

$$IH = IV/P * 100$$

IH = intervalo horizontal (m).

P = pendiente del terreno (%).

100 = factor de conversión.

IV = intervalo vertical (m).

$$IH = 2.25/8 * 100$$

$$IH= 28.1$$

#### *Capacidad de almacenamiento*

$$A=E*Fe*10$$

$$A= 28.1*3.85*10$$

$$A= 1082.41 \text{ L/m}$$

Para una pendiente del 8% se obtiene un bordo con una capacidad de almacenamiento de 1032 litros por metro lineal, el cual es poco inferior a los 1082.41 L/m esperados dándonos un margen de seguridad contra ruptura.

#### *Dimensiones*

Capacidad: 1032 L/m

Pendiente: 8%

B: 120 cm

Y<sub>2</sub>: 167 cm

H: 50 cm

H<sub>1</sub>: 16 cm

Y<sub>1</sub>: 187 cm

H<sub>2</sub>: 18 cm

En las partes altas e intermedias, donde se identificó riesgo a la erosión alto y severo, es indispensable el control de los escurrimientos, para evitar que el arrastre de partículas cause daño en las zonas de riego ubicadas en la parte baja de la microcuenca.

La obra que se utiliza para este medio son:

- Tinas ciegas o zanjas trincheras

Esta práctica consiste en abrir zanjas y bordos en forma discontinua sobre curvas a nivel; tal discontinuidad forma un dique divisor entre zanja y zanja.

El sistema recomendado para la ubicación de las tinas, es del tresbolillo, para favorecer la captación de la mayor parte del escurrimiento generado en el terreno.

#### *Objetivos de la obra*

- La recarga de mantos acuíferos.
- Reducir la fuerza del escurrimiento en terrenos con pendientes fuertes.
- La captación de agua de lluvia en cada una de las tinas que puede ser útil para el desarrollo de especies vegetativas.
- Control de sedimentos en las partes altas, para evitar que se azolven vasos de almacenamiento o terrenos de cultivo en la planicie.

- En las zonas de bosque, pueden ser usadas para la siembra de arbolitos en las reforestaciones.

### *Diseño*

Las dimensiones recomendadas para la construcción de las tinas ciegas, con las siguientes medidas: largo = 1.0 m; ancho en la base del fondo = 0.40m; altura = 0.6 m; y, ancho superior = 0.7 m.

De acuerdo a esta medida el volumen de la tina será de 0.33 m<sup>3</sup>. Para tener el control más eficiente del escurrimiento, se recomienda dejar entre tina y tina una distancia de 0.80 m.

El diseño sugerido para la cuenca Corazones de tinas ciegas es el siguiente:

$$P= 15\%, IV= ap+b$$

$$IV= 0.225*15+0.45$$

$$IV= 1.51$$

$$IH=IV/P*100$$

$$IH=1.5/15*100$$

$$IH= 10.06m$$

$$3 \text{ líneas cada curva, } 9.9 \text{ líneas por ha } \# \text{ Tinas} = 9.9*3*(100/1.8)=1650$$

### *Volumen de excavación*

$$V_{exc} = (\#tinas/ha) (vol \text{ c/tina})$$

$$V_{exc} = (1650) (0.33)$$

$$V_{exc} = 544.5 \text{ m}^3$$



**Figura 12.** Tinas Ciegas

## Recomendaciones para el Manejo de Pastizales

Gran parte del territorio es ocupada por asociaciones especiales de vegetación y pastizal natural (93%) el manejo de la cubierta vegetal es una excelente opción para reducir la erosión, además de ayudar a aumentar la producción del sitio al mejorar aspectos como textura y cantidad de materia orgánica del suelo.

Se encuentra ubicado en el sitio Dgn 61 matorral crasirosulifolio espinoso, las especies arbustivas más importantes de que está formado este sitio son:

Guapilla (*Echtia glomerata*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), palma samandoca, (*Yucca carnerosana*), panalero (*Lycium berlandieri*), calderona (*Krameria ramossisima*), afinador (*Mortonia greggii*), guajillo (*Acacia berlandieri*), ebanillo (*Calliandra eriophylla*), y ocotillo (*Gochmatia hypoleuca*).

Dentro de las gramíneas más abundantes que encontramos son:

Navajita banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), falso tridente peludo (*Erioneuron pilosum*) y zacates flechillas (*Stipa* spp).

Este sitio en la condición buena y en años de precipitación normal, produce 325 kg de forraje utilizable por hectárea en base a la materia seca.

En la microcuenca Corazones, el coeficiente de agostadero en hectáreas por unidad animal corresponde al sitio Dgn 61 y los valores para estimar el coeficiente de agostadero se presentan en el Cuadro 15.

**Cuadro 17.** Valores para calcular el coeficiente de agostadero.

Condición	Ha/ U.A
Excelente	13.46
Buena	15.15
Regular	18.45
Pobre	22.32

Fuente: COTECOCA, 1974.

Se asume necesario implementar obras y prácticas que permitan restaurar y mejorar la condición del sitio como son: distribución de saladeros y bebederos, ajuste de la carga animal.

### **Manejo del Ganado**

Distribución de saladeros y bebederos: Esta práctica se utiliza para distribuir el ganado de manera uniforme sobre el agostadero, ya que estos sirven para atraer el ganado a áreas que no hayan sido pastoreadas, solo hay que cuidar que el agua no se encuentre muy retirada, sino el ganado dejara de beber agua y como consecuencia se tendrá la pérdida de peso (UGRNL).

Se recomienda realizar un calendario de manejo donde se organicen las actividades a realizar para manejar el agostadero y el hato. Es necesario llevar control de la sanidad con baños frecuentes y muestreos para evitar enfermedades en los animales, así como poner atención en la alimentación suplementando sales y minerales.

También es de vital importancia llevar un programa de mejoramiento genético donde se rote a necesidades del ganado tanto como sementales, así como hembras de remplazo.

Ajuste de la carga animal: Es una práctica fundamental para el manejo sustentable de las tierras de pastoreo, la cual consiste en estimar el número de unidades animal que puede soportar un sitio o explotación de acuerdo a la disponibilidad de recursos forrajeros.

La utilización de una adecuada carga animal en el agostadero permite la recuperación de la vegetación, favorece la cosecha de agua lluvia, contribuye a reducir la erosión, mejora la productividad del ganado, disminuye costos de producción y reduce los costos por concepto de suplementos alimenticios ya que se dispone de forraje de calidad.

El cálculo aproximado para la capacidad de carga de la microcuenca Corazones:

Datos:

Sitio = Dgn 61

Superficie = 6209.37 ha (92.9 %)

Producción de forraje utilizable Con base a MS = 325 kg ha<sup>-1</sup>

Porcentaje de consumo animal = 3% P.V

$(6209.37 \text{ ha}) (325 \text{ kg ha}^{-1}) = 2,018,045.25 \text{ kg MS}$

$$(450 \text{ kg PV}) (0.03) (365) = 4,927.5 \text{ kg UA}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

$$(2,018,045.25 \text{ kg MS}) / (4,927.5 \text{ kg UA}^{-1} \text{ año}^{-1}) = 409.5 \text{ U.A. En total}$$

$$(6209.37 \text{ ha}) / (409.5 \text{ UA}) = 15.16 \text{ ha}^{-1} \text{UA}^{-1}$$

Se sugiere utilizar una condición regular para dar un mejor uso al agostadero:

$$(6209.37) / (18.45) = 336.5 \text{ U.A}$$

## DISCUSIÓN

La microcuenca corazones cuenta con 700 habitantes, 329 son hombres y 356 mujeres de los que se han logrado identificar, siendo esta población factible para el desarrollo del proyecto.

Se cuentan con las siguientes condiciones climática y fisiográficas; una precipitación pluvial anual de 352.2 mm y una temperatura media anual de 17.7°C. Con alturas de 1800-2200 msnm.

El 7% del uso del suelo se dedica a la agricultura de temporal, se deben establecer cultivos que cumplan sus requerimientos con las características climatológicas presentes y que estén adaptados a la región.

Ya que las actividades que se realizan no llevan un manejo adecuado del suelo, estas son las condiciones de erosión potencial que se espera de continuar con mal manejo: erosión ligera en 3548.31 ha que afectaría 53% de la superficie total, erosión moderada en 2114.46 ha en 32% de la superficie, erosión alta en 874.48 ha en 13% y una erosión muy alta en 2% de la superficie (118.49 ha).

Las clases de uso de suelo que se encuentran van desde la VI a la clase VIII, los usos que se recomiendan para cada clase de suelo son los siguientes:

**Clase VIII:** Ocupa el 45.30% aproximadamente del total de la microcuenca. En este tipo de suelo, aunque es de poco valor agrícola o pecuario, lo más recomendable es un manejo de la vegetación ya sea nativa o introducida, para lograr mantener la cubierta vegetal en terrenos agrícolas como pastizales para su uso productivo o de recreación.

**Clase VII/s:** Ocupa el 22.59% de la superficie total. De la misma manera se debe buscar conservar la cobertura vegetal induciendo algunos pastos. Son aptos para la actividad forestal se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, no son aptas para cultivos anuales. Deben implementarse las prácticas mecánicas recomendadas como tinas ciegas o terrazas.

**Clase VI/c:** Su porcentaje es de 19.39%. Los terrenos de esta clase son aptos para la actividad forestal se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación, etc.).

Son aptos para pastos, es limitada la cantidad de agua disponible, ya sea que provenga de la lluvia, de la humedad debida a la retención de agua proveniente de la precipitación o de la combinación de las dos primeras condiciones. Se debe destinar más a bosque que a pasto, por la pendiente que es más prolongada.

**Clase VI/sc:** Ocupa el 11.88% de la superficie total. De la misma manera se debe buscar conservar la cobertura vegetal induciendo algunos pastos. Son aptos para la actividad forestal se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, no son aptas para cultivos anuales. Deben implementarse las prácticas mecánicas recomendadas como tinas ciegas o terrazas.

El desconocimiento de sistemas de producción encaminados a la conservación; además de la negativa a implementarlos, es una problemática para mejorar las condiciones actuales de la microcuenca, por lo cual se busca generar apoyos de gobierno para que trabajen sus tierras adecuadamente y lograr que vean buenos resultados, para convencerlos de la importancia de conservar los recursos con los que cuentan.

Es de vital importancia lograr unificar los esfuerzos de los pobladores, para que conociendo sus áreas de oportunidad como sus limitaciones y sabiendo con los recursos que cuentan y las necesidades que hay que atender, logren dirigirse hacia un mismo objetivo con un plan en común donde todos se involucren y participen para que se logre obtener resultados en el mediano y largo plazo. Dando como prioritario el controlar la erosión potencial para preservar su recurso del suelo y mejorar la captación de agua para poder diversificar sus actividades productivas, así como buscar el acercamiento con técnicos especializados que los orienten para tomar mejores decisiones sobre los recursos que cuentan.



## CONCLUSIONES

Se caracterizó la microcuenca “Corazones” la cual presenta lluvias escasas y temperaturas extremas. Existen condiciones para aumentar la producción y el nivel de vida de sus habitantes, ya que la mayor parte de la superficie presenta riesgo de erosión ligero (pérdida de suelo de 0-10 t/ha/año), seguida de la moderada (10-50 t/ha/año) y en menor medida la erosión alta con un riesgo de pérdida de suelo de (50-200 t/ha/año).

Las áreas que actualmente se destinan a la agricultura dependen del escurrimiento superficial de las partes más altas por lo cual las prácticas de manejo para esas tierras son:

- Prácticas agronómicas y vegetativas: rotación de cultivos, asociación de cultivos, adición de materia orgánica y labranza mínima.
- Prácticas mecánicas: levantamiento de bordos a nivel (terrazas de formación sucesiva) y nivelación de las tierras de cultivo.

Con relación al uso actual del suelo más de 90% está destinado a ganadería extensiva y vida silvestre, donde se muestra una erosión ligera que se puede controlar implementando prácticas mecánicas que ayuden a la conservación del suelo, tales como las tinas ciegas, complementarlas con prácticas vegetativas para un control satisfactorio de la erosión. En el caso de agostaderos, se recomienda dar un manejo de pastizal realizando un ajuste de la carga animal, eliminando especies indeseables, llevar a cabo el sistema de pastoreo rotacional, suplementación adecuada, distribución del agua, control de plantas indeseables y tóxicas, hacer una siembra con semillas de buena calidad.

Es importante programar acciones de conservación integrando las experiencias y propuestas de los productores, de acuerdo a la cantidad de animales que se pueden manejar en la zona de manera adecuada; si realizan el ajuste de la carga animal se podrá ver beneficiado el terreno y por tanto ellos.

Realizando prácticas de conservación y las prácticas vegetativas, agronómicas y mecánicas, se daría empleo a los habitantes, y de esta manera aumentar sus conocimientos de producción obteniendo mejores resultados.

La capacitación es una parte fundamental en el proceso de mejorar sus sistemas de producción así como su nivel de vida, es importante integrar prácticas

multidisciplinarias que ayuden a la aceptación y participación de la comunidad a través de la organización para obtener el mismo fin y mejorar las tierras comunes, donde todos deben aportar esfuerzo y dedicación para obtener una mejoría y lograr un bien común.

## LITERATURA CITADA

- Becerra Moreno A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. UACH. D. F. México.
- CIAT. 1999. Nueve instrumentos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Centro internacional de agricultura tropical. Cali, Colombia. Guía 1.
- Cortés, T., H. G. 1991. Caracterización de la Erosividad de la Lluvia en México utilizando Métodos Multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados, Montecillos, México.
- COTECOCA 1974. Coeficientes de agostadero para el estado de San Luis Potosí. México.
- Delgado, Fernando. (1987). Prácticas Agronómicas de Conservación de Suelos SC- 63. CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- Durán Trejo S., 2012, Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo de suelos en la microcuenca La Concordia, Armadillo de los Infante, S.L.P., Tesis profesional, Facultad de Agronomía, UASLP.
- FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- Figuroa, S. B., Amante O. A., Cortes T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas.
- Foth, H. D. y Turk, L. M. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental, S. A. México, D. F. 527 p.
- Glenn O. Schwab. Richard K. Frevert. Talcott W. Edminster. Kenneth K. Barnes. 1990. Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas. LIMUSA.
- INEGI. 2007. Cartas Villa Hidalgo F14 A-74, Villa de Arista F14A-64, 1:50 000.
- INEGI. 2007. Cartas Villa Hidalgo F14 A-74, Villa de Arista F14A-64, Edafología 1:50000.
- INEGI. 2007. Cartas Villa Hidalgo F14 A-74, Villa de Arista F14A-64, Uso del Suelo 1:50 000.
- INEGI. 2007. Cartas Villa Hidalgo F14 A-74, Villa de Arista F14A-64, Uso potencial 1:50 000.
- INEGI. 2007. Cartas Villa Hidalgo F14 A-74, Villa de Arista F14A-64, Erosión potencial 1:50 000.
- INEGI. 2010. Censo de población y vivienda 2010.
- Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1984. Erosión del suelo. John Wiley & Sons. Ltd.

- Loredo O.C., 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, SLP del Suelo en 32 Microcuencas de San Luis Potosí. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México.
- Loredo Osti C., Beltrán L. J.L. Sarreón T. y M. C. Domínguez. 2005. Prácticas mecánicas para el control de la erosión hídrica. In: Loredo Osti C. (Ed.). 2005 Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México.
- Loredo Osti C., S. Beltrán López, F. Moreno Sánchez, M. Casiano Domínguez. 2007. Riesgo a la Erosión Hídrica y Proyección de Acciones de Manejo y Conservación G. M. INIFAP. SLP México.
- Medina G.G., Díaz P.G., Loredo O. C., Serrano A. V., Cano G. M., 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de San Luis Potosí (Periodo 1961-2001) Libro Técnico No 2. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 48 - 49 p.
- Morgan, R.P.C. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ed. Mundi prensa Madrid-Barcelona-México.
- Sánchez V., A., R. M. García N. Y A. Palma T. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de plantación y manejo de recursos naturales. México, D.F.
- SEMARNAT. 2000. [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/03\\_Suelos/3.2\\_Degradacion/index.shtml](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.2_Degradacion/index.shtml)
- Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, USDA Agric. Handbook.
- Zárate L., A. 1998. Memorias del Curso- Taller Introducción al uso y manejo de sistemas de información geográfica. Editado por SEMARNAP Delegación. Coahuila. Enero de 1998.