



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO DE CONSERVACIÓN
DEL SUELO DE LA MICROCUENCA CORONADO, VENADO, S.L.P.**

Por:

Jovita Monserrath Chávez Balderas

**Tesis Profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniera Agroecóloga**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Junio de 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO DE CONSERVACIÓN
DEL SUELO DE LA MICROCUENCA CORONADO, VENADO, S.L.P.**

Por:

Jovita Monserrath Chávez Balderas

Asesores

Dra. Catarina Loredó Osti
Dr. José Luis Lara Mireles
M. C. Carlos Villar Morales

Asesor externo

Dr. Sergio Beltrán López

**Tesis Profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniera Agroecóloga**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Junio de 2012

El trabajo titulado “**Caracterización y Propuesta de Manejo de Conservación del Suelo de la Microcuenca Coronado, Venado S.L.P.**” fue realizado por: Jovita Monserrath Chávez Balderas como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniera Agroecóloga” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de tesis:

Dra. Catarina Loredo Osti

Asesora

Dr. José Luis Lara Mireles

Asesor

M. C. Carlos Villar Morales

Asesor

Ejido palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 22 días del mes de mayo del 2012.

DEDICATORIAS

A mi Madre:

Por cuidarme desde donde está. Gracias por la vida y por seguirme a donde voy, te amo Mamá.

A mi Abuelita:

Que ha estado a mi lado desde siempre como una Madre también. Porque me has enseñado mucho de esta vida, gracias por tus cuidados y apapachos.

A mis Padres

A ti mamá Liz, que para mi eres una mujer admirable, gracias por tus cuidados, por todo el apoyo que me has dado, por impulsarme a luchar en la vida, y por exigirme tanto. Te amo mucho Mamá.

A ti papá J. Juan porque siempre te he admirado mucho, eres un gran ejemplo de lucha y entrega, gracias por tu paciencia, por enseñarme, apoyarme y ayudarme siempre. Gracias por recibirme en tu vida.

A mis Hermanas

Nidia y Hannia, preciosas niñas de las cuales he aprendido mucho, les agradezco el quererme y compartirme los padres que Dios les dió. Las amo mugrositas, ustedes me llenan de vida.

A mi Novio

Porque el tiempo que hemos compartido me ha hecho mejor persona, al transmitirme tu manera tan linda de ver la vida. Gracias por el apoyo que me has brindado en cada momento que lo he necesitado, también por estar a mi lado. Te amo.

A mi familia

A esas personitas que quiero y me han demostrado que me quieren de corazón, brindándome su apoyo incondicional, su tiempo y sus consejos en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de disfrutar una vida llena de bendiciones. Por permitirme terminar mi carrera y poder darles esta satisfacción a mis padres.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

A la Dra. Caty:

Por todo el apoyo y las atenciones que me brindó a lo largo de mi trabajo de tesis. Le agradezco mucho, la paciencia y el tiempo y sobre todo, el atender siempre con esa amabilidad y alegría que le caracteriza. La quiero mucho, que Diosito la Bendiga siempre.

A mis asesores

Dr. Sergio, Dr. José Luis, M.C. Carlos Villar, por la atención, el apoyo y los conocimientos que me transmitieron para realizar mi trabajo de tesis.

Al Ing. Florencio Ramiro Córdova del FIRCO y al Ing. Ezequiel Martínez Noyola, por la información proporcionada del Plan Rector de la microcuenca Coronado.

A mis compañeras y amigas (os):

Angie, Edna, Borjas, Toño porque los quiero mucho y porque juntos logramos culminar esta etapa. A todos los demás compañeros de la generación, gracias, porque siempre fue un trabajo en equipo. Y porque de todos aprendí un poco y de todos recibí una mano, a lo largo de esta carrera.

A mis profesores

A aquellos que con profesionalismo hicieron un buen trabajo. Gracias por compartirme sus conocimientos.

CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Cuenca Hidrográfica.....	3
La Microcuenca.....	3
El Suelo.....	4
Desertificación y Erosión del Suelo.....	4
Clasificación de la erosión.....	5
Erosión hídrica.....	5
Mecanismo de la erosión hídrica.....	6
Métodos para el Cálculo del Suelo Perdido por Erosión Hídrica.....	7
Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo.....	8
Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión.....	14
Surcado al contorno.....	15
Zanjas.....	15
Terrazas de formación sucesiva.....	15
Rehabilitación del Pastizal o Agostadero.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización del Área de Estudio.....	17
Desarrollo del Proyecto.....	18
Generación de la Base de Datos.....	19
Procedimiento para la Digitalización y Carga de Base de Datos.....	19

Evaluación de Riesgo a la Erosión.....	20
Simulación para la Obtención de las Prácticas de Manejo.....	21
Obtención de Indicadores Económicos y Sociales.....	21
Diseño del Programa para el Manejo de la Microcuenca.....	21
RESULTADOS.....	22
Caracterización Sociodemográfica.....	22
Infraestructura de Servicios.....	22
Educación.....	22
Alimentación.....	23
Salud.....	24
Organización político-social.....	25
Servicios públicos.....	25
Infraestructura Industrial.....	26
Sistemas de Producción.....	26
Agricultura.....	26
Ganadería.....	27
Forestal.....	27
Minería.....	28
Infraestructura de Conservación de Suelo y Agua.....	28
Maquinaria e Implementos Agrícolas.....	28
Clima.....	29
Hidrología.....	30
Geología.....	32
Fisiografía.....	33
Suelos.....	33
Características de las unidades de suelo.....	33
Distribución de la superficie edafológica.....	35
Caracterización de la Vegetación y Uso del Suelo.....	36
Flora.....	36
Fauna.....	36
Uso Actual del Suelo.....	39

Asociaciones especiales de vegetación.....	40
Uso agrícola.....	41
Uso industrial.....	42
Uso Potencial del Suelo.....	42
Descripción de la clase de uso de suelo.....	43
Superficie por capacidad de uso de suelo.....	46
Erosión Potencial.....	47
Erosión Actual.....	48
Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas.....	49
Erosión con prácticas vegetativas.....	49
Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos.....	54
Recomendaciones para el Manejo de Pastizales.....	66
DISCUSIÓN.....	74
CONCLUSIONES.....	76
LITERATURA CITADA.....	77
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México.....	10
2	Valores del factor K estimados en función de la unidad de suelo y textura superficial.....	11
3	Valores que toma m en función del grado de pendiente.....	12
4	Valores de C que se pueden utilizar para estimar las pérdidas de suelo en la EUPS.....	13
5	Factor de P utilizado para diferentes prácticas y obras de conservación de suelo y agua.....	14
6	Coordenadas geográficas de la microcuenca Coronado, Venado, S.L.P.....	17
7	Distribución y principales características de la población de la microcuenca Coronado.....	22
8	Escolaridad de la población de la microcuenca Coronado.....	23
9	Unidades de atención médica.....	24
10	Servicios de las viviendas en la microcuenca Coronado.....	25
11	Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Guanamé.....	29
12	Tanques, pozos ó norias que existen en la microcuenca Coronado.....	31
13	Unidades de suelos presentes en la microcuenca Coronado.....	34
14	Vegetación existente en la microcuenca Coronado.....	37
15	Especies de fauna silvestre de la microcuenca Coronado.....	38
16	Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Coronado.....	40
17	Tipo de uso agrícola en la microcuenca Coronado.....	41
18	Tipo de uso industrial en la microcuenca Coronado.....	42

19	Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Coronado.....	43
20	Clase de erosión potencial en la microcuenca Coronado.....	48
21	Valores del coeficiente “C” para el cálculo del escurrimiento.....	57
22	Cálculo del coeficiente de escurrimiento ponderado “C”.....	59
23	Valor del coeficiente “b” para calcular el espaciamiento entre terrazas.....	60
24	Especificaciones de construcción (dimensiones del bordo de terraza).....	62
25	Dimensiones y capacidad de almacenamiento de las terrazas de base angosta, cuando el material de préstamo se obtiene de las partes aguas arriba y aguas abajo (cm).....	63
26	Resultados de estimación de carga animal.....	72
27	Equivalencias de una unidad animal.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosionabilidad.....	9
2	Localidades dentro de la microcuenca.....	17
3	Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Guanamé, Venado.....	30
4	Red de drenaje de la Microcuenca Coronado.....	32
5	Tipos de suelos en la microcuenca Coronado.....	35
6	Uso actual del suelo en la Microcuenca Coronado.....	39
7	Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Coronado.....	39
8	Uso potencial de suelo en la microcuenca Coronado.....	46
9	Erosión potencial en la microcuenca Coronado.....	48
10	Erosión actual en la microcuenca Coronado.....	49
11	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Coronado.....	51
12	Croquis de una tina ciega.....	64
13	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y conservación de suelos en la microcuenca Coronado.....	66

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar los recursos de la microcuenca “Coronado” del municipio de Venado, S.L.P. y evaluar el riesgo a la erosión hídrica a fin de proponer prácticas de manejo y conservación de los recursos con énfasis en el manejo de los pastizales. Para ello se generó una base de datos vía digitalización de mapas temáticos sobre edafología, uso actual y uso potencial; con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y aplicando el modelo de predicción “Ecuación Universal de Pérdidas 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 manejo, conservación y restauración más adecuadas. La microcuenca tiene una superficie de 7,171.6 ha, con una población de 656 habitantes. La temperatura media anual es de 17°C; precipitación media anual de 414.9 mm. La altitud varía de 1690 a 2700 msnm. Los tipos de suelos son: litosol (70.76%), castañozem cálcico (17%), xerosol háplico (6.46%), fluvisol calcárico (5.79%). Con relación al uso actual del suelo, 0.53% corresponde a agricultura de temporal nómada, 5.24% es de agricultura de temporal permanente anual, 30.91% es matorral crasirosulifolio espinoso con izotal, 33.02% matorral espinoso con nopalera e izotal, 3.27% matorral subinerme, 20.22% matorral subinerme con izotal, 1.44% matorral subinerme con nopalera, 5.10% mezquital con nopalera y 0.27% es de zonas industriales. De acuerdo al uso potencial del suelo se cuenta con las siguientes clases: V/c (23.28%), V/sc (33.31%), VI/c (3.55%), VI/sc (12.92%), VI/sce (3.68%), VII/s (2.88%) y VIII (20.38%). La superficie de la microcuenca con riesgo potencial a la erosión hídrica, ligera (0-10 ton ha⁻¹) ocupa 80.42%, moderada (10-50 ton ha⁻¹) 11.92%, alta (50-200 ton ha⁻¹) 7.64% y muy alta (>200 ton ha⁻¹) 0.0092%. Las prácticas de manejo recomendadas son: manejo del pastizal con el fin de mantener la cobertura del suelo, revegetación, reforestación, rotación de cultivos, cultivos de cobertura; las prácticas mecánicas que se pueden implementar son terrazas de formación sucesiva, tinas ciegas, presas filtrantes, cabeceo de cárcavas, entre otras.

SUMMARY

The aim of this study was to characterize the watershed resources "Coronado", Venado, S.L.P. and to evaluate the risk to water erosion, with a soil loss prediction model and based on this evaluation proposed management and resource conservation practices with emphasis on rangeland management. A database was generated through digitization of thematic maps of soil type, potential use. With the support of Geographic Information Systems and applying the "Equation Universal Soil Loss" were generated risk erosion maps. A demographic description of the watershed was realized, The technology available for resource management was analyzed, to define management practices, conservation and restoration more appropriate. The watershed area is 7,171.6 ha; the population are 656 people. The mean annual temperature is 17 ° C. The mean annual rainfall is 414.9 mm. The altitude varies of 1690 to 2700 m. Soil types are: litosol (70.76%), calcium castanozem (17%), haplic xerosol (6.46%), calcareic fluvisol (5.79%). With relation to the land use, 5.77% area is seasonal rainfall agriculture, 30.91% is crasi-rusulifolios shrub with Izotal, 33.02% with cactus and thorny shrub Izotal, 3.27% thornless, shrub 20.22% thornless shrub with Izotal, 1.44% shrub without spine, mesquite with cactus 5.10% and 0.27% is industrial zones. In the watershed present the following classes: V / c (23.28%), V / sc (33.31%), VI / c (3.55%), VI / sc (12.92%), VI / sce (3.68%), VII / s (2.88%) and VIII (20.38%). The surface of the watershed with potential risk to water erosion, low (0-10 t ha⁻¹) in 80.42%, moderate (10-50 t ha⁻¹) 11.92%, severe (50-200 t ha⁻¹) 7.64% and very severe (>200 t ha⁻¹) 0.092%. The management practices recommended include pasture management to maintain soil cover, revegetation, reforestation, crop rotation, cover crops. The mechanical practices that can be implemented are training successive terraces, trenches, filter stone structures for gullies, among others.

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, 2005).

La erosión es el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo principalmente por acción de agua y el viento. Este proceso de 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)

La erosión hídrica toma dos formas fundamentalmente:

1. La erosión superficial ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona, arrastrando la capa superior del suelo. Este estrato es el que más nutrientes y materia orgánica contiene y, al eliminarse, el suelo pierde su fertilidad.
2. En otras ocasiones el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda o cárcava. En tales casos se dice que hay deformación del terreno.

Dentro de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), México ocupa uno de los primeros lugares en degradación. En Latinoamérica, estamos en un punto intermedio entre los países de Centro y Sudamérica.

De acuerdo al Inventario Nacional de Tierras Erosionadas, se estima que en 81% del territorio de la República Mexicana se presenta algún grado de erosión, que va de leve a muy severa (SARH, 1986); la erosión hídrica y eólica se presenta en 158.8 millones de hectáreas (CONAZA, 1993).

Los métodos para controlar la erosión son diversos y van acorde al tipo de terreno como áreas con pasto y para pastoreo o áreas de bosques.

La vegetación en crecimiento, los residuos de cultivos y las cubiertas protectoras de la superficie del suelo son las medidas de control más eficaces. Estos son algunos métodos: cultivo en contorno, cultivo en fajas, los métodos de labranza (Glenn *et. al.*, 1990).

Objetivos

1. Caracterizar los recursos de la microcuenca Coronado, Venado, S.L.P.
2. Evaluar el riesgo a la erosión hídrica en la microcuenca.
3. Proponer prácticas de manejo de los recursos suelo y vegetación para la microcuenca.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una unidad natural, limitada por un parteaguas y drenada por una corriente o un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren en un punto de salida. Es una zona, donde el agua de lluvia que cae, escurre hacia un cauce común y desemboca en un afluente más grande, puede ser una laguna o en el mar (Sánchez *et. al.*, 2003). 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. Cada cuenca tiene su propia dinámica esto de acuerdo a factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos, culturales, etc.

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. Y a su vez la cuenca se subdivide en microcuenca (Loredo, *et. al.* 2007).

La Microcuenca

La microcuenca es una parte de la cuenca, es una unidad de manejo, considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones, como rehabilitar, conservar, proteger y aprovechar los recursos naturales. El Programa Nacional de Microcuencas de SAGARPA, la considera como la unidad básica de atención de proyectos económicos de conservación de suelo y agua y de desarrollo comunitario (Candia, 2004).

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).

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, 2011).

El suelo cumple con algunas funciones (Becerra, 1999) como las siguientes:

- ✓ Producción agrícola y forestal.
- ✓ Filtración, amortiguación, transformación.
- ✓ Reserva genética.
- ✓ Fuente de materia prima.
- ✓ Infraestructura.
- ✓ Herencia cultural.

Cuando el suelo se usa inadecuadamente, de provoca su deterioro, es por eso que actualmente el tema de su conservación centra su atención en la prevención y control del mismo, ya que es una de las premisas necesarias para la sobrevivencia de la población humana.

Desertificación y Erosión del Suelo

La desertificación es la disminución o destrucción del potencial biológico de los recursos naturales ocasionada por el mal uso y/o manejo de los mismos, lo que trae como consecuencia procesos degenerativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas en su entorno. La erosión es el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo principalmente por acción del agua y el viento.

Las causas de la desertificación pueden ser naturales o inducidas por el hombre, estas últimas son responsables del proceso de una proporción del 87%, mientras que las naturales son solo del 13%. También intervienen factores antrópicos como la explosión demográfica, la sobreexplotación de los recursos naturales, los cambios inadecuados de uso del suelo, etc; todo esto provocado por diversos factores como: a) falta de concientización; b) desconocimiento o falta de educación; c) uso irracional de los

recursos naturales, ya sea por ignorancia o porque el valor económico predomina sobre otros valores.

Duarte (1990) reporta que cada año dejan de ser productivas de 6 a 7 millones de hectáreas en el planeta (Becerra 1999).

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 su modo de acción (erosión hídrica)
 - *por salpicamiento
 - *en canalillo
 - *en surcos
 - *en cárcavas
 - *por caída y remontante
- d) Por la intensidad del proceso
 - *ligera
 - *moderada
 - *severa
 - *muy severa

Para este estudio nos enfocamos a la erosión hídrica.

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 aspersion y proporciona energía al agua del escurrimiento superficial (Glenn *et. al*, 1990).

Los principales procesos hidrológicos que propician la erosión en las microcuencas son la precipitación, el escurrimiento superficial y la infiltración.

Los factores que determinan la erosión causada por el agua son el clima, las características físicas del suelo, la vegetación y la topografía.

La erosión hídrica se divide en:

- ✓ Erosión por las gotas de lluvia: Es la salpicadura de suelo lo que se origina cuando las gotas la 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 de arroyada: Cuando hay una concentración de flujo superficial, el agua actúa sobre el suelo desplazándolo y originando canales o arroyuelos pequeños pero bien definidos.
- ✓ Erosión de barrancos: 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.
- ✓ Erosión en el cauce por la corriente: Pérdida del suelo de los márgenes o en el transporte a lo largo del canal.

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.

Mecanismos de la erosión hídrica

El agua erosiona al suelo de dos maneras: a) por el impacto de la lluvia, y b) por la fricción del escurrimiento superficial sobre la superficie del terreno. En cualquier caso,

la erosión constituye un trabajo físico, y la cantidad de energía de la lluvia o de la escorrentía para posibilitar ese trabajo depende de su masa (M) y su velocidad de movimiento (V), de acuerdo con la ecuación: $E=MV^2/2$.

Ambos mecanismos actúan simultáneamente durante una tormenta, y que uno u otro predominen dependerá de las circunstancias particulares de cada caso, siendo en general la lluvia más eficiente en el desprendimiento de las partículas, y la escorrentía para el transporte de las mismas a distancias considerables.

La energía de la lluvia se disipa en el impacto, y el salpicamiento de partículas de suelo causado por tal impacto alcanza solamente algunas decenas de centímetros, en comparación con la energía del escurrimiento superficial, la cual seguirá actuando erosivamente mientras el desnivel topográfico permita que continúe el flujo turbulento del agua pendiente abajo.

Por lo anterior, cuando la erosión hídrica se estima a nivel parcelario, el factor activo está definido por la energía del impacto de la lluvia, mientras que a nivel de cuenca se deben considerar ambos: lluvia y escorrentía (Becerra, 1999).

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.

Entre los métodos desarrollados para la estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica mediante medición directa, se encuentran estos:

- a) Uso de estacas, varillas marcadas, o clavos y rondanas
- b) Cubicación de cárcavas
- c) Lotes de escurrimiento
- d) Cuantificación de la producción de sedimentos en una cuenca (Becerra, 1999)

Aunque 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

Es un modelo diseñado para estimar la pérdida de suelo promedio de la erosión por salpicamiento y en canalillos bajo condiciones especificadas y para un tiempo prolongado. La EUPS agrupa las numerosas interrelaciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión en seis factores principales.

$$A = R K L S C P$$

Donde:

A = pérdida de suelo (ton/ha/año).

R = factor de erosividad de la lluvia (MJ mm/ha hr año)

K = factor de erosionabilidad del suelo (ton/hr/MJ mm)

LS= factor de longitud y grado de pendiente

C = factor de cultivo o cobertura vegetal

P = factor de prácticas mecánicas

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 (1965) señalan que el mejor estimador de la erosividad de la lluvia es el EI_{30} , el cual se obtienen con la siguiente ecuación (Loredo *et al.*, 2007):

$$EI_{30} = (E) (I_{30})$$

En donde:

EI_{30} = Índice de erosividad para un evento (MJmm/ha hr)

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

I_{30} = Intensidad máxima en 30 minutos continuos de lluvia (mm/hr)

Con la suma de todos los El_{30} de cada uno de los eventos del año, se obtiene el índice de erosividad anual (R). Entonces:

$$R = \sum_{j=1}^n (El_{30} j):$$

En donde:

R = Erosividad de la lluvia

n = número de eventos durante el año

El_{30} = Índice de erosividad de la lluvia por evento

.....Cortés (1991) estimó valores de El_{30} 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 (Cuadro 1 y Figura 1).

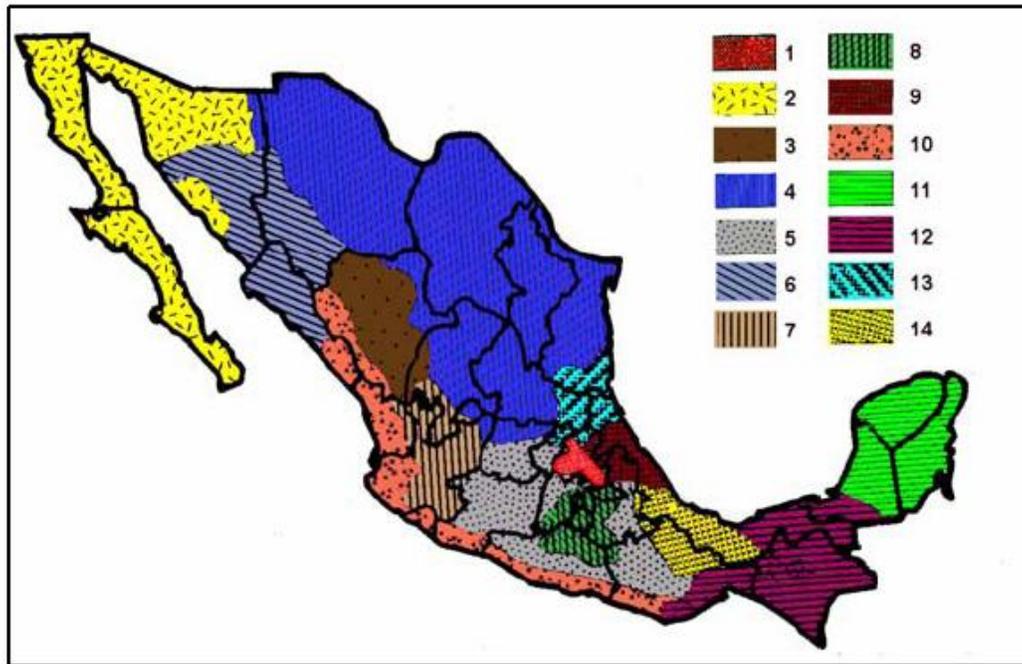


Figura 1. Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosionabilidad.
Fuente: www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos_excell/01estim-erosion.xls.

Cuadro 1. Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México.

REGIÓN	ECUACIONES	
	Y = EI30; X = lluvia anual	R ²
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).

Símbolo	Tex.	Tex.	Tex.	Símbolo	Tex.	Tex.	Tex.	Símbolo	Tex.	Tex.	Tex.
	G	M	F		G	M	F		G	M	F
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 (c,p)	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(k,h,l,g)	0.053	0.079	0.026
G (h,m)	0.013	0.020	0.007	Ph	0.026	0.040	0.013	Y(h,k,l,g,t)	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 (a,c,f,l)	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:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m (0.065 + 0.45s + 0.0065s^2)$$

Donde:

L: Factor de longitud de la pendiente.

λ : 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). En la ecuación universal de la pérdida de suelo, este factor se ha definido como la relación entre las pérdidas de suelo que se producen bajo un determinado uso bajo determinadas condiciones de manejo y las pérdidas correspondientes en ese mismo suelo bajo barbecho continuo. El factor C es valor atenuante y toma valores de 0 a 1. En el cuadro 4 aparecen algunos valores de C.

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		
Cacahuate	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-erosion.xls

Factor por prácticas mecánicas (P)

Su principal objetivo es 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.

Cuadro 5. Factor de P utilizados para diferentes prácticas y obras de conservación de suelo y agua.

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: Loredó *et. al.*, 2007.

Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión

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

Algunas de las prácticas mecánicas más comunes son las siguientes

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

Surcado al contorno

Consiste en el trazado de los surcos en formas perpendicular a la pendiente del terreno, siguiendo las curvas de nivel (Loredo, 2005). Se recomienda para diversas circunstancias donde se practica agricultura de escarda en terrenos con pendiente moderada (<6%), particularmente en zonas de precipitación limitada.

Para realizar el surcado al contorno, se requiere localizar y trazar con ayuda de un nivel, una serie de líneas guía, a distancia de entre 20 y 50 metros, en función inversa de la pendiente. Para el trazo se siguen los pasos siguientes:

- Marcar la pendiente máxima en su parte media.
- Marcar en esta la primera línea guía.
- Construir un primer surco en dicha línea guía.
- Trazar los demás surcos paralelos al de la línea guía.

Zanjas

Consiste en abrir zanjas y bordos en forma discontinua sobre curvas a nivel, tal discontinuidad forma un dique divisor entre zanja y zanja. Para su construcción se excava en material común, el material extraído se coloca de aguas abajo de la tina. Esta práctica se realiza generalmente con mano de obra. El sistema recomendado para la ubicación de la zanjas, es del tresbolillo.

Objetivos

- La recarga de mantos acuíferos
- Reducir la fuerza del escurrimientos en terrenos con pendientes fuertes
- Captación de agua de lluvia para el desarrollo de especies vegetativas.
- Control de sedimentos en partes altas, para evitar que se azolven en la planicie. (Loredo, 2005)

Terrazas de formación sucesiva.

Consiste en la construcción de bordos de tierra, entre los cuales se espera se forme una terraza, por el movimiento del suelo que se presenta en cada evento lluvioso donde ocurre escurrimiento y desprendimiento del suelo superficial. Son útiles hasta el 15% de pendiente y reducen la erosión en 30%.

Objetivos de las terrazas de formación sucesiva:

- ✓ Control de escurrimiento superficial en las tierras de cultivo, reteniendo en cada terraza los sedimentos que este acarrea.
- ✓ Mayor retención de humedad, que podrá ser utilizada por los cultivos a establecer en las terrazas.
- ✓ Favorece acciones de reforestación. (Loredo, 2005)

Se pueden trazar en dos formas: a) al contorno siguiendo el tipo de construcción de la antigua Dirección General de Conservación del Suelo y Agua (DGCSA, 1981); b) modificándolas para hacerlas paralelas entre sí de acuerdo al procedimiento de construcción que recomienda el Colegio de Postgraduados (CP, 1977).

Rehabilitación del Pastizal o Agostadero

Los pastizales son una categoría de tierra que provee una serie de usos y servicios a la sociedad. Se caracterizan por estar constituidos por especies nativas y por lo general se les asocia con animales en pastoreo. Son la fuente de forraje más económica, pero además:

- Contribuyen a la captura, retención y suministro de agua.
- Contribuyen a la captura de CO₂ y al equilibrio del clima global.
- Contribuyen a la biodiversidad y son hábitat de buen número de especies endémicas.
- Son el hábitat para la vida silvestre.

Históricamente se ha mencionado al sobrepastoreo o sobreutilización como la principal práctica de deterioro de los pastizales, fenómenos de profundas implicaciones sociales y culturales.

Se pueden considerar dos grandes rumbos a seguir para la recuperación del pastizal:

- 1) Aplicación de medidas preventivas (ajuste de carga animal, control del nivel de utilización, rotación de potreros, distribución de agua, etc.).
- 2) Aplicación de medidas correctivas (obras de conservación de suelo y agua, siembra de pastos, control de invasoras, etc.) en conjunto con la aplicación de medidas preventivas (INIFAP, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El estudio se realizó en la microcuenca “Coronado”, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Venado en la parte norte del Estado de San Luis Potosí, este se localiza en la parte centro-oriente de la República Mexicana; el municipio de Venado colinda al Norte con Charcas; al Este con Villa de Guadalupe y Villa Hidalgo; al sur con Moctezuma; y al oeste con Salinas de Hidalgo.

Se ubicó y se delimitó en las cartas topográficas (INEGI, 2007) F14-A44 y F14-A54 con escala 1:50 000, ubicando su parteaguas, corrientes, etc. La Microcuenca cuenta con una superficie de 7,171.6 hectáreas. Las localidades que la integran son: Coronado (Hacienda de Coronado), El Refugio, La Clavellina, La Esquina Góngora y La Trinidad, se muestran en la figura 2. En el cuadro 6 se muestran las coordenadas en las que está comprendida la microcuenca y su altitud.

Cuadro 6. Coordenadas geográficas de la microcuenca “Coronado”, Venado, S.L.P.

Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud
22°55'10''-23°04'00''	100°53'52''- 100°57'50''	1690 - 2700 msnm



Figura 2. Localidades dentro de La microcuenca (Fuente: Martínez, 2007)

El proyecto constó de dos actividades:

Actividad 1. 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 inglés) y con el apoyo de cartografía de INEGI se caracterizarán 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 IV: $Y=2.89594x+0.002983x^2$, propuesta por Cortés (1991), considerando que **Y** se refiere al índice de erosividad y **x** a la precipitación media anual (Figuroa *et al.*, 1991).

Actividad 2. Propuesta de manejo de los recursos de la microcuenca. Con los resultados de la caracterización y predicción de riesgo a la erosión se realizaron propuestas de manejo para el uso adecuado del suelo de acuerdo a su capacidad, así como el logro del control satisfactorio 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 Coronado de manera manual, 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 punk 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 marco anteriormente y tecléando 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 maquina 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 numero (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 punk 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 n 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).

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, Plan Rector de la Microcuenca 2007, así como trabajos de investigación, libros y manuales.

Diseño del Programa para el Manejo de la Microcuenca

En función de la información generada en sus diferentes etapas se integró el programa para el manejo de la microcuenca.

RESULTADOS

Caracterización Sociodemográfica

De acuerdo al XIII Censo General de Población y Vivienda 2010 efectuado por el INEGI, la población total de la microcuenca es de 656 habitantes, de los cuales 339 son hombres y 317 son mujeres; su población se distribuye como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución y principales características de la población de la microcuenca Coronado.

Localidad	Población total	Población masculina	Población femenina	Población de 15 años y más alfabeta	Población económicamente activa	Total de viviendas habitadas
Coronado	218	112	106	33	81	54
El Refugio	40	20	20	4	17	10
La Clavellina	57	34	23	7	15	13
La Esquina Góngora	2	C	C	*	*	1
La Trinidad	339	173	166	31	103	96

C=Cifra no publicable por el principio de confidencialidad

*no se encuentra con información

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI 2010.

La mayor concentración de población se encuentra La Trinidad con 51.67 % del total de habitantes. De la población total de la microcuenca, el 13.26% son de 8 a 14 años de edad, 23.17% son de 15 a 49 años, 12.5% son mayores de 60 y el resto (51.07%) son menores de 8 años. Del total de esta población solo el 11.43% es alfabeta mayores de 15 años, el 32.92% es económicamente activa. La microcuenca tiene un total de 174 viviendas, las cuales están habitadas por el 85.06% de la población total, el resto se encuentra ausente en busca de trabajo y mejores oportunidades; 24 de estas viviendas tiene jefatura femenina.

Infraestructura de Servicios

Educación

El municipio de Venado cuenta con servicios de educación básica, preescolar, primaria, secundaria, capacitación para el trabajo y nivel medio superior. Cuenta con una infraestructura de:

- 34 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 52 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 22 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo uno de capacitación para el trabajo y uno de nivel medio superior.

En el cuadro 8 se muestran algunos datos del grado de escolaridad específicamente de la microcuenca “Coronado”.

Cuadro 8. Escolaridad de la población de la microcuenca Coronado.

Grupo por Edad	Habitantes
Población de 8 -14 años que no saben leer y escribir	4
Población de 8 -14 años que saben leer y escribir	83
Población de 15 años y más analfabeta	93
Población de 15 años y más alfabetas	365

Fuente: INEGI, 2010

El índice de analfabetismo es de 14.17% de la población total mayores de 15 años, sí se considera un alto número de personas analfabetas, pero 79.69% es un porcentaje considerable de habitantes que saben leer y escribir.

La Trinidad y Coronado son las comunidades con el mayor índice de personas analfabetas. La comunidad de Coronado cuenta con nivel preescolar, primaria y secundaria, La Trinidad también cuenta con estos 3 niveles, en el preescolar solo cuenta con 2 salones, en primaria con 4 y en telesecundaria son 3 salones, La Clavellina solo el nivel preescolar y primaria son los que tiene, y El Refugio no cuenta con instituciones educativas.

Alimentación

Su alimentación se basa principalmente en los siguientes productos maíz, jitomate, frijol, chile, carne de diferentes especies ganaderas, huevo y derivados de leche. En las comunidades rurales la dieta es a base de frijoles, tortillas y salsa, también arroz o algunos vegetales como la papa. La mayoría de los productos son de autoconsumo,

solo el jitomate se comercializa a nivel estatal y nacional. Las bebidas más comunes son el mezcal, pulque y aguamiel.

Salud

La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano.

El municipio cuenta con un total de ocho unidades médicas. En siguiente cuadro se muestran las unidades de salud.

Cuadro 9. Unidades de atención Médica.

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	TOTAL
2	1		5	8

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 95.5% de la población total, quedando el 4.5% de la población sin acceso a los servicios médicos.

El municipio cuenta con 6 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

Específicamente en el área de la microcuenca Coronado, La Trinidad es el único Ejido que cuenta con una clínica, a este sitio se trasladan los pobladores de La Clavellina, en un caso mayor se trasladan a Venado o Charcas. Las comunidades de Coronado y El Refugio se trasladan al ejido de San Pedro. Las enfermedades más frecuentes son infecciones por vías digestivas, causadas por deficiencias higiénicas y ambientales. Cada comunidad recibe visitas del médico una vez al mes, se reúnen para tratar asuntos como el programa Oportunidades, la limpieza del centro de salud, etc. El Médico solo presta su servicio durante 2 años que viene siendo su estancia de pasante.

Organización político-social

En las comunidades de Coronado y La Trinidad la autoridad máxima es el Comisariado Ejidal el cual cuenta con un comité conformado por un presidente, un secretario y un tesorero; también tienen un Consejo de Vigilancia, dirigido por un presidente y un secretario.

En la Clavellina y El Refugio no hay comisariados, pero la principal autoridad en su comunidad es el Juez Auxiliar. Las juntas de asambleas se llevan a cabo cada mes, estas en los salones ejidales ó de reuniones (Martínez, 2007).

Servicios públicos

Caminos

El municipio cuenta con un total de 162.5 kilómetros de los cuales 25.0 son de carretera troncal federal pavimentada, 25.7 es pavimentada estatal y 111.8 km son caminos rurales. Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen al norte a Charcas, S.L.P., y al sur a Moctezuma, S.L.P. (Martínez, 2007).

Ferrocarril

Debido a la restructuración de la empresa de ferrocarriles, el municipio cuenta con el servicio de carga, habiendo desaparecido el servicio de pasajeros.

En el área de La microcuenca disponen de servicios públicos fundamentales como alumbrado público, agua entubada y drenaje, en el cuadro 10 se muestran los servicios en cada comunidad.

Cuadro 10. Servicios de las viviendas en la microcuenca “Coronado.

Localidad	Alumbrado público	Viviendas que cuentan con agua entubada	Viviendas que cuentan con drenaje
Coronado	Sí	22	3
La Trinidad	Sí	75	1
El Refugio	No	9	0
La Clavellina	No	10	0

Fuente: Martínez, 2007.

En cuanto a carreteras y medios de transporte se refiere, todas las calles son de terracería, las de mejor estado son las que van a Venado. El único transporte público son las peseras de la comunidad de La Trinidad, estas salen de Venado cada hora. Hay quienes cuentan con camioneta privada o motocicletas.

Medios de comunicación

Con relación a radio no hay radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal en banda A.M. En cuanto a televisión no hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura nacional, siendo: los canales 2 y 5 de Televisa y 13 de TV. Azteca. Respecto a correos el municipio cuenta con una administración de correos. El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una agencia. Con relación a teléfonos el municipio si cuenta con este servicio, y en cuanto a estaciones radioeléctricas de aficionados se cuenta con 3 estaciones de radio aficionados en el municipio.

Infraestructura Industrial

Cuentan con una maquiladora, la cual se encuentra en la cabecera municipal, es una empresa extranjera llamada AXAYAZAKI. Esta da empleo aproximadamente a 150 personas. Maneja dos turnos, uno de 6:00 a.m. a 2:30 p.m. y el otro de 2:30 p.m. a 10:30 p.m., trabajan de lunes a sábado. El salario que les ofrecen es de \$500.00 aproximadamente semanal. Cuando inició la planta se realizó una convocatoria de reclutamiento en todo el municipio, así como una capacitación para el desarrollo de las diferentes actividades en la empresa. También los ranchos tomateros y chileros en el Clérigo y Santa Rita, dan empleo a una parte de la población (Martínez, 2007).

Sistemas de Producción

Agricultura

Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, jitomate, frijol y chile; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa.

La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa a nivel local o hacia la misma región.

En cuanto a la producción de jitomate y alfalfa estas se comercializan en el ámbito estatal y nacional.

Más específicamente en el área de la microcuenca Coronado, la agricultura tiene muchas limitaciones por las características climáticas y topográficas de la zona, ya que todas las áreas agrícolas son de temporal y debido a los altos costos no cuentan con riego, y tampoco pueden suministrar insecticidas u otros químicos. La producción es de autoconsumo, cuando llegan a tener excedentes los venden pero a muy bajo precio. Sus parcelas miden aproximadamente 3 ha, y los principales cultivos que se manejan son monocultivos de maíz y de frijol, o asociados; también siembran cebada, sorgo, avena y el pasto buffel. Algunas prácticas de conservación que ya existen son como tipo terrazas. Cuentan con algunas sociedades de tractores.

Ganadería

El tipo de ganadería que hay es una ganadería extensiva tradicional (libre pastoreo), la cual se lleva a cabo en las serranías, ya que las partes planas son destinadas a la agricultura. Podría decirse que es la principal actividad económica de la región, el tipo de ganado que manejan es caprino, bovino, ovino y equino. El sistema de explotación del bovino y equino, es de tipo extensivo tradicional. Al igual que la agricultura, la ganadería en esta área también tiene limitaciones por la falta de agua.

Debido al mal manejo de los recursos naturales, a la falta de infraestructura, la escasez de agua, el sobrepastoreo y la poca organización de las comunidades, además de cerrarse a los programas de desarrollo, han ocasionado una gran pérdida de biodiversidad, sumada a una erosión elevada.

Forestal

Estas son algunas de las especies maderables y no maderables que se encuentran en el área de la microcuenca Coronado: *Rhus virens* Gray (Lantrisco), *Agave lechuguilla* (Lechuguilla), *Agave scabra* spp. (Maguey), *Echinocactus platyacanthus* (Biznaga burra), *Opuntia imbricata* (Coyonoxtle), *Opuntia rastrera* (Nopal rastrero), *Ferocactus pilosus* (Cabuche), *Lophophora williamsii* (peyote), *Aster tenacetifolius*, *Heteroteca inuloides* (Árnica amarilla y morada), *Flourensia cernua* (Hojasén), *Parthenium*

incanum (Mariola), *Zaluzania triloba* (Altamisa), *Euphorbia antisiphilitica* (Candelilla), *Jatropha dioica* (Sangre de grado), *Quercus microphylla* (Chaparro), *Acacia constricta* (Huizache), *Prosopis laevigata* (Mezquite), *Aloe barbadensis* (Sábila), *Dasyliron texanum* (Sotol), *Yucca carnerosana* (Palma loca), *Yucca filífera* (Palma china), *Larrea tridentata* (Gobernadora), *Salvia reflexa* (Peistón), *Poliomintha longiflora* (Orégano mexicano), *Litsea glaucescens* (Laurel), *Solanum rostratum* (Mala mujer), *Celtis laevigata* Willd, (Palo Blanco).

Minería

No hay explotación minera en la microcuenca Coronado, podrían encontrarse formaciones de calizas, incluyendo pedernal o lutitas, pero no hay evidencias de que haya habido aprovechamiento en la minería.

Infraestructura de Conservación de Suelo y Agua

Hay algunas prácticas de conservación de agua en la microcuenca Coronado, como son los bordos parcelarios y los de abrevadero para el aprovechamiento de los escurrimientos de las aguas de lluvia. En cuanto al suelo también se han adoptado algunas técnicas para así evitar la erosión, entre estas, la reforestación con maguey en los cultivos, de la misma manera se hace una reconversión productiva con un buen aprovechamiento de los cultivos no tradicionales. Se requiere el implemento de gaviones, estos tienen la ventaja de que detienen sedimentos muy grandes.

Maquinaria e Implementos Agrícolas

Hay muy pocos implementos agrícolas, solo los mencionados anteriormente de una sociedad, que es de mujeres, en la comunidad de Coronado, y otro que es particular, el cual el dueño se los renta a quien lo requiere, la misma situación es en La Trinidad, hay un tractor, que es rentado por su dueño a quién lo solicite; las comunidades de La Clavellina y El Refugio no cuentan con maquinaria, por lo que tienen que hacer sus labores con yunta, o rentan la maquinaria a quien sí la tiene.

Clima

En el municipio de Venado, se define el clima como semiseco templado, domina la parte poniente del municipio del centro al sur, en la parte central seco semicálido; al oriente una franja de seco semicálido, en el extremo noreste una porción de seco semicálido. En la zona de la microcuenca los climas son secos o áridos (BS) y los muy secos (BW). La precipitación pluvial anual en el municipio es de 414.9 mm (Cuadro 11); la temperatura media anual es de 17°C, con una máxima absoluta de 29.5°C y una mínima absoluta de 4.8°C para el mes de enero.

Cuadro 11. Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Guanamé.

Mes	Temp. Máxima Media	Temp. Mínima Media	Temp. Media	Precipitación	Precipitación máxima en 24 hrs
Enero	22.4	4.8	13.6	13.3	23.0
Febrero	23.1	5.3	14.2	33.0	80.0
Marzo	25.9	7.3	16.6	13.9	75.5
Abril	27.6	8.3	18.0	21.3	52.0
Mayo	29.5	10.7	20.1	27.7	45.0
Junio	27.4	11.1	19.3	82.5	136.0
Julio	26.7	11.5	19.1	74.6	75.0
Agosto	26.3	12.0	19.2	30.8	47.5
Septiembre	25.8	10.7	18.3	51.4	70.0
Octubre	24.6	9.2	16.9	24.9	38.5
Noviembre	23.6	6.9	15.2	19.8	60.0
Diciembre	22.1	5.6	13.9	21.7	40.0
Anual	25.4	8.6	17.0	414.9	136.0

Fuente: Medina *et. al.*, 2005.

En la Figura 3 se muestra el climograma de esta estación climatológica; como se puede ver los meses más fríos son diciembre y enero con una temperatura promedio de 13.9° y 13.6° respectivamente; las temperaturas máximas se presentan en los meses de abril a septiembre siendo el mes de mayo el que presenta la máxima de 20.1°; las mejores lluvias son en los meses de junio y julio con 82.5 mm y 74.6 mm respectivamente.

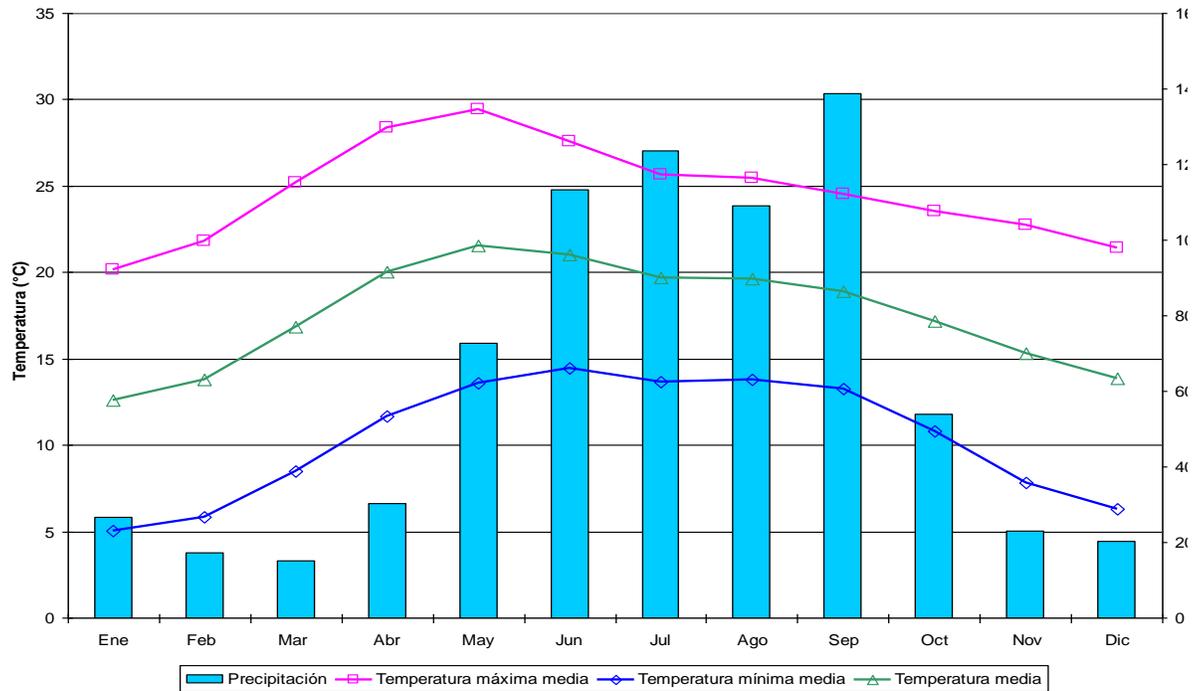


Figura 3. Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Guanamé, Venado. Fuente: Medina *et al*, 2005.

De acuerdo a la información, se aprecia que se tienen lluvias insuficientes, lo que se podría hacer es mejorar los sistemas de aprovechamiento y captación del agua para que en los meses de menor precipitación se pueda aprovechar y no se escasee. Cabe mencionar que las temperaturas que se presentan son favorables para el desarrollo de los principales cultivos durante el ciclo primavera-verano.

Hidrología

El municipio carece de corrientes superficiales importantes. Existen solamente pozos a cielo abierto de poca profundidad, los mantos acuíferos son la única solución para incorporar áreas de riego; algunos pozos ya perforados han reportado alta salinidad con bajo contenido de sodio. Algunos arroyos intermitentes son: Arroyo Cañada Verde, cruza el municipio de Venado y Magdalenas, en el extremo suroeste se encuentra el Arroyo El Tule y cruzando la cabecera municipal el Arroyo de Los Elotes y entre otros de menor importancia que se localizan en el territorio son: El Culebra, El Laurel, El Sotol, Las Canteritas y el Tepozán (Martínez, 2007).

El área de la microcuenca, es una área de recarga de mantos acuíferos, por la Sierra El Salteador. Tres cuartas partes de la microcuenca es de Agua Dulce, por lo además se encuentra libre de a minerales dañinos. En el cuadro 12 hay una relación de los pozos y norias que existen en la microcuenca de Coronado (Martínez, 2007).

Cuadro 12. Tanques, Pozos ó Norias que existen en la microcuenca Coronado.

Comunidades	Tanques y Pozos ó Norias
Coronado	6 tanques abrevadero, 180 bordos parcelarios, 2 pozos.
El Refugio	3 bordos comunitarios, 40 bordos parcelarios, 3 pozos artesanales y un pozo profundo.
La Clavellina	1 tanque abrevadero y doméstico, 1 pozo artesanal, 100 bordos parcelarios
La Trinidad	3 tanques y 1 pozos artesano y 150 bordos parcelarios

Fuente: Martínez, 2007.

En la red de drenaje de la microcuenca (Figura 4) los tipos de corrientes se pueden clasificar como corrientes temporales, ya que llevan agua sólo en la época de lluvias. El modelo de drenaje que presenta la microcuenca es del tipo dendrítico. Con relación al sistema de corrientes en la microcuenca se cuenta con 152 corrientes, de estas 117 son de primer orden, 27 son de segundo orden, 6 de tercer orden, y 2 de cuarto orden, de lo que resulta que es una microcuenca de cuarto orden.

Cabe señalar que los productores de la zona han generado desde hace muchos años un sistema de manejo para el escurrimiento superficial, en la conducción de cauces hacia los terrenos de cultivo.

La densidad de drenaje de la microcuenca “Coronado” es de 2.09 km/km²; y la densidad de corriente es de 2.11 cauces por km².

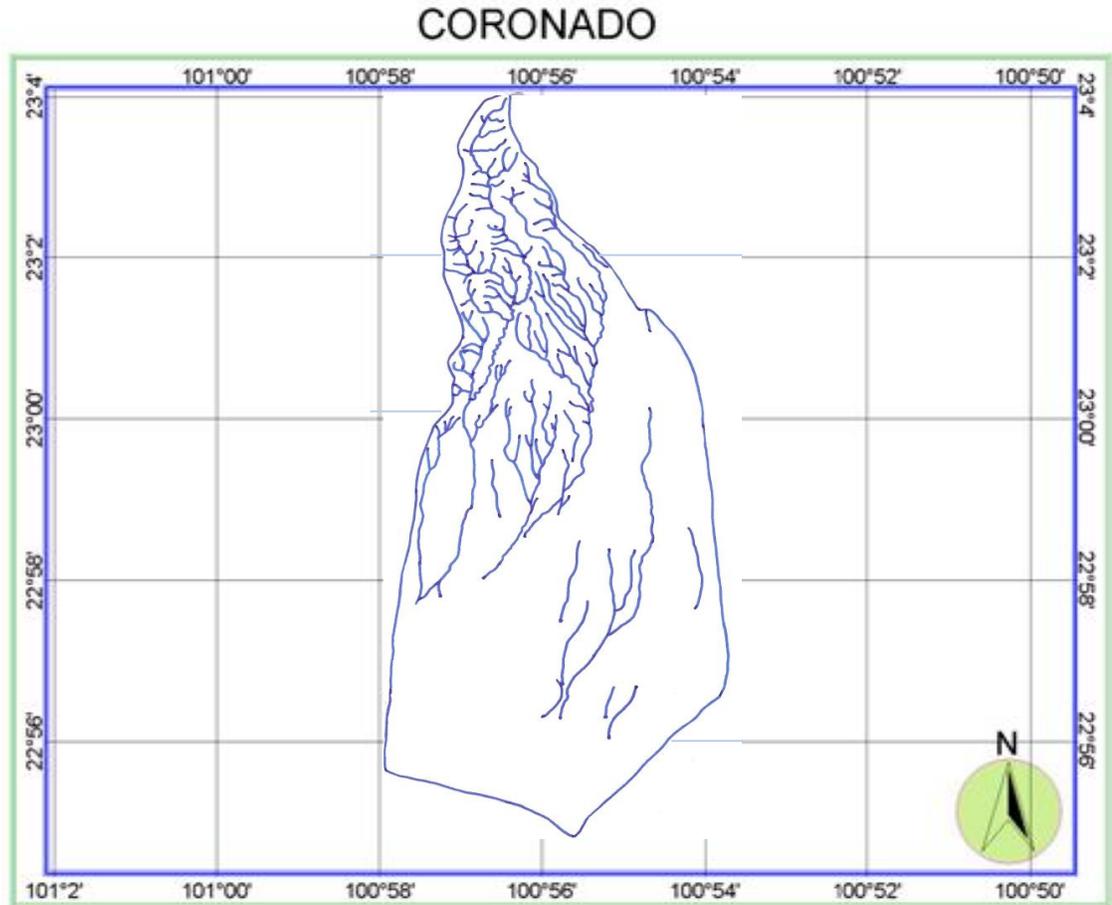


Figura 4. Red de drenaje de la microcuenca Coronado.

Geología

De acuerdo a la información de la carta geológica (DETENAL, 1975), la microcuenca presenta las siguientes formaciones geológicas:

Suelo de tipo aluvial. Esto significa que se formó por material transportado por el arrastre de aguas. Entre este material se encuentra roca sedimentaria en conglomerados y caliza, que se caracteriza por tener tamaños de más de 2 mm, se pueden encontrar de acuerdo a su forma, en grabas o guijarros, y de acuerdo al transporte que sufrieron, las hay en clastos, que son elementos gruesos, matriz, que envuelve los clastos, cemento, que une a los dos mencionados anteriormente, y las pudingas que se forman en ríos caudalosos, también hay brechas que se forman a pie de montaña.

Roca sedimentaria + (conglomerado). Roca de origen continental constituida por fragmentos de rocas sedimentarias y volcánicas, su litología y grado de cementación

varia, los fragmentos son redondeados y varían de 1 a 30 cm de diámetro, subyace discordantemente a rocas sedimentarias del Cretácico y volcánicas del Terciario. Esta unidad se originó durante los eventos de depositación aluvial Pliocénicos y Pleistocénicos que provocaron depósitos gravosos.

Roca sedimentaria + (caliza). Rocas de origen marino, depositadas en aguas someras, la unidad incluye a las formaciones; Indidura y Soyatal, ambas del Cretácico Superior. La formación Soyatal está constituida por alternancia de calizas y lutitas de origen marino con textura de grano fino, la caliza se presenta en capas delgadas con nódulos, lentes y delgadas capas de pedernal negro.

Fisiografía

La altura sobre el nivel del mar de la microcuenca “Coronado” varia de 1,670 m en la parte más baja, en esta se localiza un pequeño valle alargado, esta parte es al sur y poniente de la microcuenca, la altura máxima es de 2,620 m, siendo La Trinidad que se encuentra en la Sierra de Coronado, la de más elevaciones.

Tiene pendientes que van de 4% a 28%, el 55% de la superficie son terrenos planos o poco inclinados, y el 45% son serranías.

Suelos

En la microcuenca “Coronado”; el suelo predominante es de tipo Litosol de textura media (5,074.36 ha) con el 70%, el Castañozem cálcico de textura media (1,218.92 ha) con el 17% ocupa el segundo lugar, así como el Xerosol háplico de textura media (463.56 ha) que tiene el 6.46%; y los suelos con menor predominancia son los fluvisol calcáricos, uno fuertemente salino de textura media que ocupa 183.35 ha, el segundo de textura media tiene 130.25 ha, y el ultimo que es fluvisol clacarico con litosol de textura media con solo 101.16 ha (Cuadro 13).

Características de las unidades de suelo

(I/2): Litosol de textura media: con una área de 5074.36 ha, que representa el 70.76%. Se distinguen por tener una profundidad menor a los 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. 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.

Cuadro 13. Unidades de suelos presentes en la microcuenca “Coronado”

Descripción	Unidad de suelo	Área (ha)	Porcentaje
Litosol	I/2	5074.36	70.76%
Fluvisol calcarico	Jk/2	130.25	1.82%
Fluvisol calcarico + Litosol	Jk+I/2	101.16	1.41%
Fluvisol calcarico	Jk-ms/2	183.35	2.56%
Castañozem cálcico	Kk/2	1218.92	17.00%
Xerosol haplico	Xh-n/2	463.56	6.46%

(Kk/2): Castañozem cálcico de textura media: con un área de 1218.92 ha, que representa el 17% del total. 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.

(Xh-n/2): Xerosol haplico con 125 cm de profundidad de textura media: este abarca el 6.46% con 463.56 ha. Se caracterizan por tener una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Algunas veces presentan manchas, polvo o aglomeraciones de cal a cierta profundidad, así como cristales de yeso o caliche. Ocasionalmente son salinos. Los xerosoles tienen baja susceptibilidad a la erosión, excepto cuando están en pendientes o sobre caliche.

(Jk-ms/2): Fluvisol calcarico fuertemente salino con una conductividad de 16 o mas mm hos/cm, de textura media: tiene un a extension de 183.35 ha que equivale al 2.56% del total. Suelos formados por materiales acarreados por el agua, y constituidos por materiales disgregados, es decir, son suelos poco desarrollados. Muchas veces presentan

capas alternadas de arena, arcilla o gravas. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que lo forman.

(Jk/2): Fluvisol calcarico de textura media: con 130.25 ha que es el 1.82%.

(Jk +I/2): Fluvisol calcarico con litosol de textura media, que abarca 101.16 ha lo que representa el 1.41%.

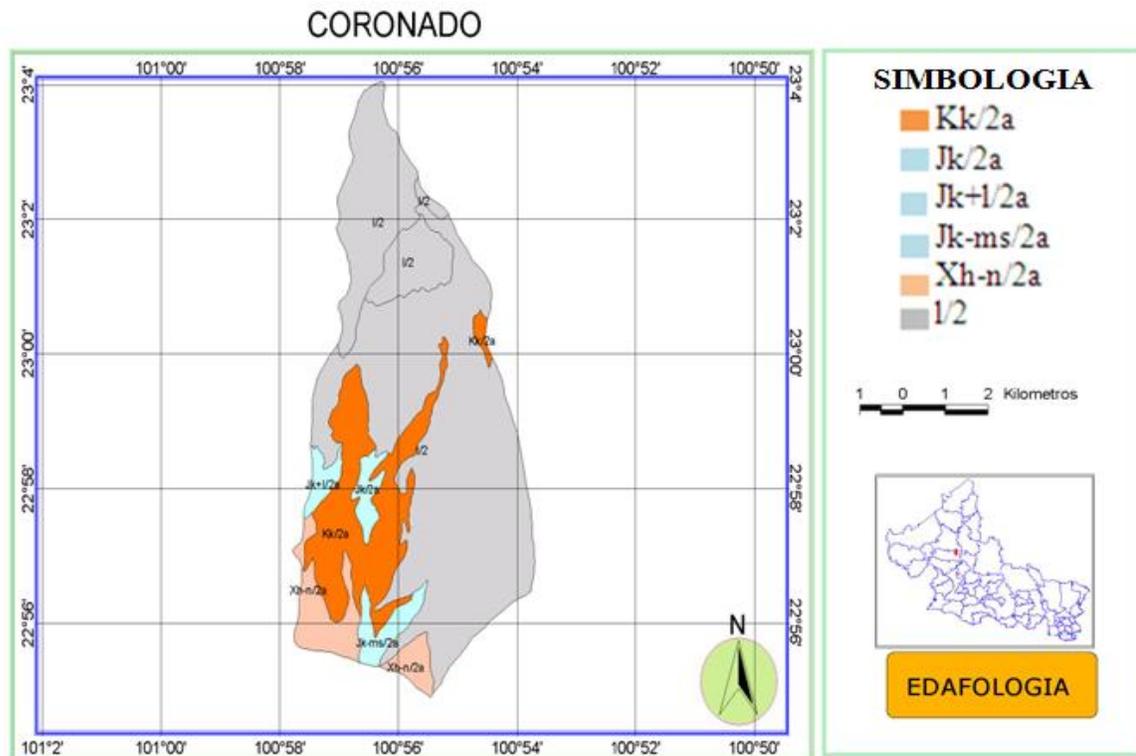


Figura 5. Tipos de suelos en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 edafología 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Distribución de la superficie edafológica

La distribución de las unidades de suelo que conforman la microcuenca Coronado es la siguiente: Castañozem cálcico (Kk) con el 17.00% del total de la microcuenca igual a 1218.92 ha, fluvisol calcarico (Jk) con 1.82% igual a 130.25 ha, fluvisol calcarico+ litosol (Jk+I) con 1.41% que corresponde a 101.16 ha, fluvisol calcarico fuertemente salino (Jk-ms) con el 2.56% que equivale a 183.35 ha, Xerosol haplico (Xh) con 6.46%

igual a 463.56 ha y el litosol con la mayoría del porcentaje 70.76% lo que corresponde a 5074.36 ha.

Caracterización de la Vegetación y Uso del Suelo

Flora

La vegetación es muy importante desde un punto de vista ecológico ya que evita el escurrimiento superficial rápido de las aguas, forman una especie de esponja, que retiene el agua y permite la infiltración en el subsuelo, se obtiene además una alta producción de materia orgánica y se disminuye de esta manera la erosión y pérdida de nutrientes. El tipo de vegetación que encontramos en la microcuenca Coronado es Matorral desértico micrófilo este se distribuye en las partes bajas de la altiplanicie que rodea la Sierra Coronado, algunas especies son mezquite (*Prosopis laevigata*), la gobernadora (*Larrea tridentata*), el Hojasén (*Flourensia cernua*), palma china (*Yucca filifera*) y nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*), también se encuentra el Matorral desértico rosetófilo el cual se establece sobre las laderas o espacios con relieve accidentado y pendientes pronunciadas, predominan especies de los géneros *Agave*, *Dasyllirion*, *Hechtia* y *Yucca*, también se encuentra en la microcuenca Mezquital y Chaparral. Las especies de vegetación más destacadas en la microcuenca se presentan en el cuadro 14.

Fauna

En la microcuenca el tipo de fauna que se encuentran en su gran mayoría son especies de aves, le siguen los mamíferos con un número importante, y en menor cantidad los reptiles, y con solo una especie, los anfibios ocupan el último lugar. En el cuadro 15 se encuentra la clasificación de las diferentes especies en la microcuenca.

Cuadro 14. Vegetación existente en la microcuenca Coronado.

Nombre Científico	Nombre Científico	Nombre científico
<i>Prosopis laevigata</i>	<i>Opuntia leptocaulis</i>	<i>Agave striata</i>
<i>Larrea tridentata</i>	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	<i>Brickellia veronicifolia</i>
<i>Flourensia cernua</i>	<i>Berberis spp</i>	<i>Dasyilirion pentachaeta</i>
<i>Yucca filifera</i>	<i>Jatropha dioica</i>	<i>Quercus microphylla</i>
<i>Opuntia leucotricha</i>	<i>Lophophora williamsii</i>	<i>Viguiera spp</i>
<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Mammillaria spp</i>	<i>Quercus tinkhamii</i>
<i>Opuntia lindheimeri</i>	<i>Opuntia rastrera</i>	<i>Zinnia acerosa</i>
<i>Opuntia tunicata</i>	<i>Echinocactus hexedrophorus</i>	<i>Ageratum corymbosum</i>
<i>Parthenium incanum</i>	<i>Echinocereus spp.</i>	<i>Bauhinia ramosissima</i>
<i>Ariocarpus retusus</i>	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	<i>Calliandra eriophylla</i>
<i>Sphaeralcea agustiafolia</i>	<i>Coryphanta palmeri</i>	<i>Lesquerella fendleri</i>
<i>Allionia incarnata</i>	<i>Stenocactus dichroacanthus</i>	<i>Lippia berlandieri</i>
<i>Aristada spp.</i>	<i>Mimosa biuncifera</i>	<i>Litsea glaucescens</i>
<i>Bahia absinthifolia</i>	<i>Mimosa zigophylla</i>	<i>Castilleja sp.</i>
<i>Bouteloa barbata</i>	<i>Citharexylum brachyantum</i>	<i>Acacia constricta</i>
<i>Bouteloa trifida</i>	<i>Condalia spp</i>	<i>Buddleja marrubifolia</i>
<i>Erioneuron spp</i>	<i>Parthenium argentatum</i>	<i>Gochnatia hypoleuca</i>
<i>Lycurus phleoides</i>	<i>Buchloe dactyloides</i>	<i>Ephedra aspera</i>
<i>Muhlenbergia monticola</i>	<i>Mulenbergia repens</i>	<i>Agave lechuguilla</i>
<i>Setaria macrostachya</i>	<i>Hilaroa belangeri</i>	<i>Chysactina mexicana</i>
<i>Sporobolus airoides</i>	<i>Bouteloa gracilis</i>	<i>Dalea Formosa</i>
<i>Stipa eminens</i>	<i>Mortonia greggii</i>	<i>Salvia ballotaeflora</i>
<i>Tridens spp</i>	<i>Rhus virens</i>	<i>Zexmenia brevifolia</i>
<i>Dasyilirion acrotriche</i>	<i>Shopora secundiflora</i>	<i>Hechtia glomerata</i>

Cuadro 15. Especies de fauna silvestre de la microcuenca Coronado.

Nombre Científico	Nombre científico	Nombre científico
Anfibios		Mamíferos
<i>Bufo punctatus</i>	<i>Lanius ludovicianus</i>	<i>Antrozous pallidus</i>
Aves	<i>Melanerpes aurifrons</i>	<i>Vulpes velox</i>
<i>Accipiter cooperi</i>	<i>Melanerpes formicivorus</i>	<i>Bassaricus astutus</i>
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	<i>Mimus polyglottus</i>	<i>Canis latrans</i>
<i>Bubo virginianus</i>	<i>Molothrus aeneus</i>	<i>Choeronycteris mexicana</i>
<i>Buteo albicadatus</i>	<i>Numenius americanus</i>	<i>Tayassu tajacu</i>
<i>Buteo jamaicensis</i>	<i>Parabuteo unicinclus</i>	<i>Dipodomys merriami</i>
<i>Callipepla squamara</i>	<i>Passer domesticus</i>	<i>Dipodomys nelsoni</i>
<i>Campylorhynchus</i>	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	<i>Dipodomys ordii</i>
<i>Brunneicapillus</i>	<i>Pipilo fuscus</i>	<i>Lynx rufus</i>
<i>Caracara planus</i>	<i>Sturnella magna</i>	<i>Spermophilus variegatus</i>
<i>Cardinalis Cardinalis</i>	<i>Taxostoma curvirostre</i>	<i>Spilogale putorius</i>
<i>Cardinalis sinuatus</i>	<i>Icterus parisorum</i>	<i>Sylvilagus audubonii</i>
<i>Carduelis psaltria</i>	<i>Tyrannus vociferans</i>	<i>Sylvilagus floridamus</i>
<i>Carpodacus mexicanus</i>	<i>Turdus migratorius</i>	<i>Taxidea taxus</i>
<i>Colinus virginianus</i>	<i>Tyrannus vociferans</i>	Reptiles
<i>Columbina inca</i>	<i>Mimus polyglottus</i>	<i>Barisia imbricata</i>
<i>Columbina passerina</i>	<i>Zenaida macroura</i>	<i>Masticophis flagellum</i>
<i>Corvus corax</i>	<i>Parabuteo unicinclus</i>	<i>Phrynosoma cornutum</i>
<i>Corvus cryptoleucus</i>	<i>Passer domesticus</i>	<i>Sceloporus spp.</i>
<i>Falco mexicanus</i>	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	<i>Crotalus scutulatus</i>
<i>Falco sparverius</i>	<i>Pipilo fuscus</i>	<i>Heterodon nasicus</i>
<i>Geococcyx californianus</i>	<i>Sturnella magna</i>	<i>Holbrookia maculata</i>
<i>Grus canadensis</i>	<i>Zenaida aiatica</i>	<i>Hipsiglena torquata</i>
<i>Icterus gálbula</i>	<i>Turdus migratorius</i>	<i>Kinosternon hirtipes</i>

Uso Actual del Suelo

El uso del suelo de la microcuenca Coronado, en realidad no ha sido excesivo, de hecho la mayor parte de la superficie está ocupada por asociaciones de vegetación, y se clasifica actualmente en: a) Uso Agrícola, b) Uso industrial, c) Asociaciones especiales de vegetación (Figura 6).

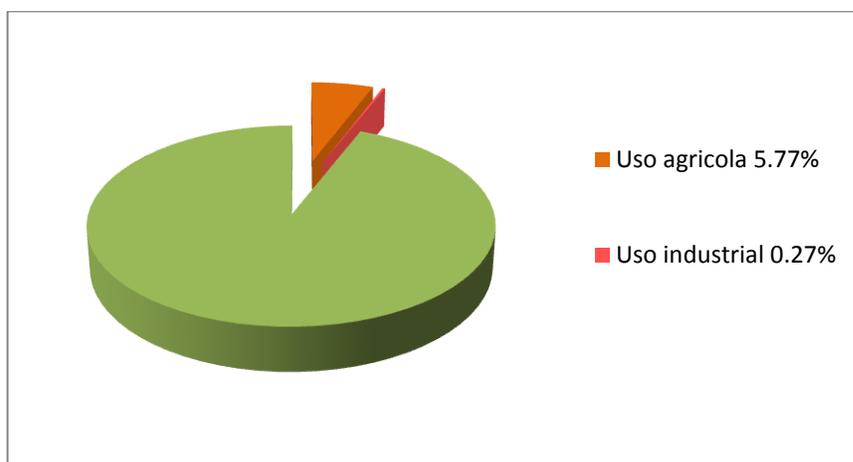


Figura 6. Uso actual del suelo en la microcuenca Coronado.

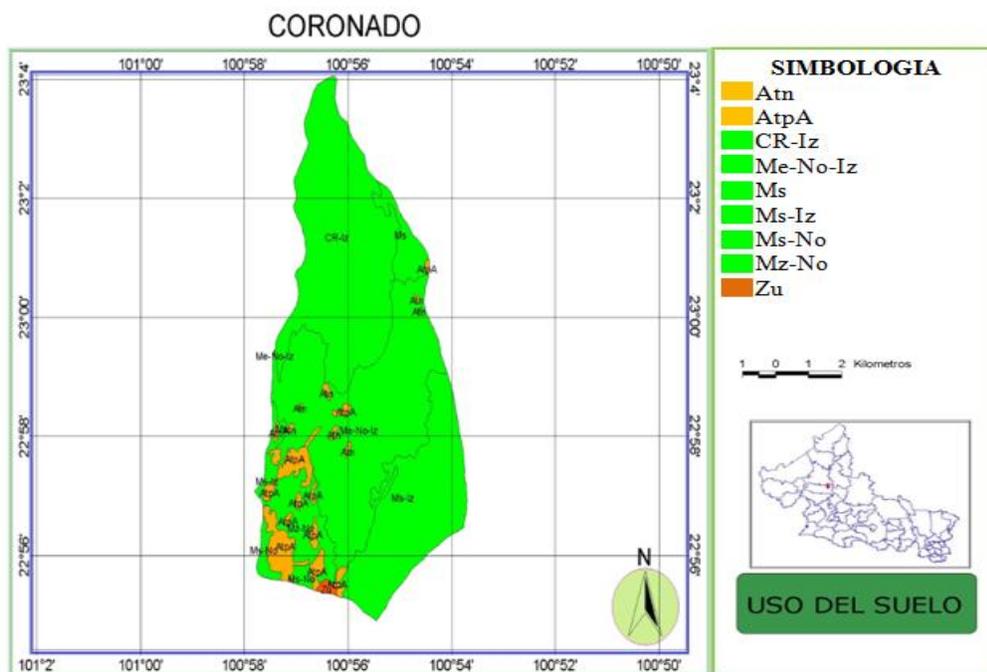


Figura 7. Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 uso del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Asociaciones especiales de vegetación

Estas ocupan la mayoría de la superficie de la microcuenca, con el 93.96% en el siguiente cuadro (cuadro 16) se describen las asociaciones de vegetación localizadas en la microcuenca Coronado.

Cuadro 16. Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Coronado.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en microcuenca
Cr-Iz	Crasi- rosulifolios espinosos con izotal	2216.38	30.91
Me-No-Iz	Matorral espinoso con nopalera e izotal	2368.22	33.02
Ms	Matorral subinerme	234.35	3.27
Ms-Iz	Matorral subinerme con izotal	1450.27	20.22
Ms-No	Matorral subinerme con nopalera	102.97	1.44
Mz-No	Mezquital con nopalera	365.84	5.10
Zu	Zona industrial	19.60	0.27

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 genero *Yucca*, conocidas como palmas en el norte e izotes en el sur de Mexico; se encuentran en zonas aridas y semiaridas, 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.

Matorral espinoso (Me): Este tipo de matorral se caracteriza por la dominancia de especies espinosas y caducifolias una gran parte del año o áfilas (sin hojas). Entre las especies se encuentran el huizache, mezquite, uña de gato, etc. Son de climas de humedad áridos y semiáridos.

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.

Matorral Subinerme (Ms): Comunidad compuesta de plantas espinosas o inermes. Algunos elementos que forman este tipo de matorral son: barreta *Helietta parviflora*, granjero *Celtis pallida*, cenizo *Leucophyllum spp.* Se mezclan algunas especies de matorral espinoso como: huizache *Acacia farnesiana* y mezquite *Prosopis juliflora*. Este tipo de vegetación se encuentra en laderas, cañadas y partes altas. Crecen en suelo someros, son comunes los afloramientos de roca madre.

Mezquital (Mz): Vegetación dominada por árboles espinosos, principalmente mezquites (*Prosopis*). Estos árboles permanecen verdes durante la temporada seca, ya que emplean las aguas subterráneas mediante sus largas raíces. Se les encuentra en climas áridos. Crecen en suelos profundos y planos (SEMARNAT, 2000).

Uso agrícola

La superficie para uso agrícola es de solo el 5.77%, es decir el 415.44 ha. Esto se debe a las limitaciones que presentan por las condiciones desfavorables de la región, y la baja economía para emprender producciones altas, ya que no cuentan con el recurso ni para fertilizantes, sumándole a esto que la agricultura es de temporal. Los principales cultivos que practican los campesinos de la región, son el monocultivo de maíz y de frijol. En el Cuadro 17 se describe el tipo de uso agrícola en la microcuenca Coronado.

Cuadro 17. Tipo de uso agrícola en la microcuenca Coronado.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en Microcuenca
Atn	Agricultura de temporal nómada	38.16	0.53
AtpA	Agricultura de temporal permanente	375.66	5.24

Atn: Comprende una superficie de 38.16 ha que corresponde al 0.53% de la superficie de la microcuenca y del total del uso agrícola en la zona. La agricultura de temporal es un sistema de producción que depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad, y se refiere a nómada porque no siembran siempre en el mismo sitio.

AtpA: Comprende una superficie de 375.66 ha igual al 5.24% de la superficie de la microcuenca y del total del uso agrícola. Este tipo de uso depende principalmente del agua de lluvia, por esta razón solo se establecen cultivos anuales y que tengan requerimientos hídricos bajos. Los cultivos anuales solo prevalecen en el terreno en un tiempo variable, no más que un año, tomando en cuenta también el ciclo fenológico en que hay mayor producción.

Uso industrial

La superficie para uso industrial es de 0.27%, es decir 19.60 ha, en realidad muy pocas ya que se concentran solo en el área de la cabecera municipal, donde se encuentra una maquiladora extranjera, misma que es fuente de empleo para 150 personas, en la que se labora de lunes a sábado de las 6:30 AM a las 10:30 PM, dividiendo el horario en dos turnos, el salario es de \$421.00 por semana. En el cuadro 18 se describe el tipo de uso industrial en la microcuenca Coronado.

Cuadro 18. Tipo de uso industrial en la microcuenca Coronado.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en Microcuenca
ZI (P)	Zona Industrial de procesamiento	19.60	0.27

ZI (P): Comprende una superficie de 19.60 ha, que corresponde al 0.27% de la superficie de la microcuenca. La actividad industrial se trata de una maquiladora japonés se realizan trabajos de circuitos eléctricos para ensamble de carros, encintado de circuitos, prueba eléctrica de arnés de circuitos, ensamble y empaque. Es una zona industrial de procesamiento.

Uso Potencial del Suelo

El uso potencial del suelo es el uso más intensivo que puede soportar, tomando en cuenta sus características y cualidades que permitan obtener homogeneidad en cuanto a clima, geomorfología, materiales parentales y suelos y de esta manera extrapolar resultados para la zonificación y ordenamiento territorial. Las clases de uso de suelo y extensión territorial presentes dentro de la microcuenca se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Coronado.

Clase de capacidad de uso del suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
V/c: Clase cinco limitada por clima	1669.6	23.28
V/sc: Clase cinco limitada por suelo y clima	2388.9	33.31
VI/c: Clase seis limitada por clima	254.6	3.55
VI/sc: Clase seis limitada por suelo y clima	926.6	12.92
VI/sce: Clase seis limitada por suelo, clima y erosión	263.9	3.68
VII/s: Clase siete limitada por suelo	206.6	2.88
VIII: Clase ocho	1461.4	20.38

En cada unidad cartográfica de la microcuenca Coronado representada para el uso potencial (Figura 8) se describe el conjunto de condiciones que ofrece el suelo para su buen uso y aprovechamiento de los recursos en el desarrollo de los distintos sistemas de producción.

Descripción de la clase de uso de suelo

Unidad de clase V/c. Esta clase es apta para la actividad ganadera, también se permite la actividad del manejo del bosque natural cuando hay. Son suelos de topografía bastante homogénea, sin mayores declives y por tanto no erosionables, pero con ciertas características físicas que los hacen más apropiados para la vegetación permanente y para el desarrollo de actividades pecuarias. Son suelos casi planos, muy húmedos, o pedregosos, no aptos para ser cultivados. En lo que se refiere a la microcuenca este suelo tiene un uso potencial en vida silvestre, forestal y en la práticamente clasificándose en intensiva. 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 V/sc. Esta clase es apta para la actividad ganadera, también se permite la actividad del manejo del bosque natural cuando hay. Son suelos de topografía bastante

homogénea, sin mayores declives y por tanto no erosionables, pero con ciertas características físicas que los hacen más apropiados para la vegetación permanente y para el desarrollo de actividades pecuarias. Son suelos casi planos, muy húmedos, o pedregosos, no aptos para ser cultivados. En lo que se refiere a la microcuenca este suelo tiene un uso potencial en vida silvestre, forestal y en la práticamente clasificándose en intensiva. Restricciones: Limitado por suelo (s): De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad. 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/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. En la microcuenca Coronado este tipo de suelo tiene un uso potencial forestal en vida silvestre, forestal y en la práticamente clasificándose en moderada. 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. En la microcuenca Coronado este tipo de suelo tiene un uso potencial en vida silvestre, forestal y en la práticamente clasificándose en moderada. Restricciones: Limitado por suelo (s): De este factor se considera la

profundidad efectiva y la pedregosidad. 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/sce. 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. En la microcuenca Coronado este tipo de suelo tiene un uso potencial en vida silvestre, forestal y en la práticamente clasificándose en moderada. Restricciones: Limitado por suelo (s): De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad. 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. Limitado por erosión (e): Se considera el tipo de erosión y grado de pérdida de suelo, sea esta causada por efectos del viento (erosión eólica), agua (erosión hídrica) o de ambos elementos.

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. En la microcuenca tiene uso potencial en vida silvestre, forestal y práticamente limitada. 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.

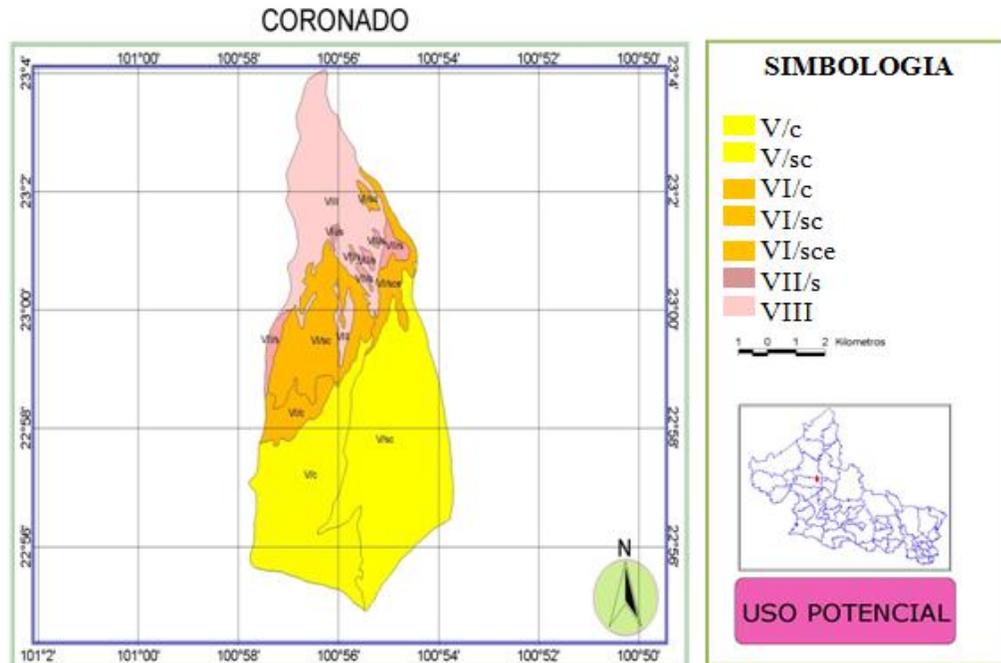


Figura 8. Uso potencial de suelo en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Superficie por capacidad de uso de suelo

La clase V es la que tiene mayor extensión, en el sur de la microcuenca, con 4058.39 ha, que corresponde al 56.59% de la superficie total; esta clase es apropiada para la actividad ganadera y la vegetación permanente, no aptos para ser cultivados. En la parte norte de la microcuenca se encuentra la clase VIII es la que le sigue a la V en cuanto a extensión con 1461.23 ha igual al 20.38% de la superficie total; este tipo de suelo es exclusivamente de vida silvestre, tiene pendientes de hasta 28%, con un grado de erosión alta, como ya se mencionó anteriormente se puede destinar para recreación, conservación o extracción de materiales de construcción, con un adecuado manejo.

La parte media está ocupada por suelos de clase VI con el 20.15% de la superficie total esto equivale a 1444.94 ha, el uso que se da es en actividad forestal, es apto para cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales también es óptimo para pastos.

Finalmente la clase VII es la que ocupa la menor superficie con 206.71 ha igual a 2.88%; es apta para vegetación natural y actividades como ganadería y silvicultura.

El uso potencial del suelo es el uso más intensivo que puede soportar, tomando en cuenta sus características y cualidades, es así como se garantiza una producción agropecuaria sostenida, sin deteriorar los recursos naturales.

Erosión Potencial

La erosión potencial es una estimación de la erosión bajo condiciones hipotéticas de manejo y uso de las tierras. Se refiere a una erosión que se podría tener considerándose que se pierde la cubierta vegetal por completo, conservando solamente las características originales como la pendiente.

En la microcuenca Coronado la mayor parte de la superficie (80.42%) tiene una erosión potencial ligera (10 ton ha^{-1}). De acuerdo a la ecuación universal de pérdida de suelos se obtuvo que 1400.41 ha son las que sobrepasan los límites permisibles de pérdida de suelo, esto equivale al 19.569%. En la Figura 9 se presenta la ubicación de las zonas con diferentes grados de erosión potencial en la microcuenca.

La erosión potencial predominante es la de clase ligera, con riesgo de pérdida de suelo de $0-10 \text{ ton h}^{-1} \text{ año}^{-1}$, esto es en 5752.38 ha, lo que corresponde al 80.42% de la superficie total, este tipo de erosión forma laminas o pequeños surcos; en segundo lugar está la clase de erosión moderada con riesgo de pérdida de $10-50 \text{ ton h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ se presenta en 853.02 ha igual al 11.92% del total de la superficie, en esta clase se llegan a formar surcos grandes o asociados a zanjas o cárcavas; le sigue la clase alta con riesgo a la erosión de $50-200 \text{ ton h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en 7.64% de la superficie total que corresponde a 546.73 ha, aquí se pueden formar cárcavas o zanjas; finalmente se pierden más de $200 \text{ ton h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que corresponde a la clase muy alta, en una pequeña parte de la microcuenca que son 0.66 ha, esta superficie se encuentra en las parte más alta del área de estudio.

Cuadro 20. Clase de erosión potencial en la microcuenca Coronado.

Clase de Erosión	Superficie(ha)	% en microcuenca
Ligera (0-10 ton h ⁻¹ año ⁻¹)	5752.38	80.42
Moderada (10-50 ton h ⁻¹ año ⁻¹)	853.02	11.92
Alta (50-200 ton h ⁻¹ año ⁻¹)	546.73	7.64
Muy Alta (>200 ton h ⁻¹ año ⁻¹)	0.66	0.009

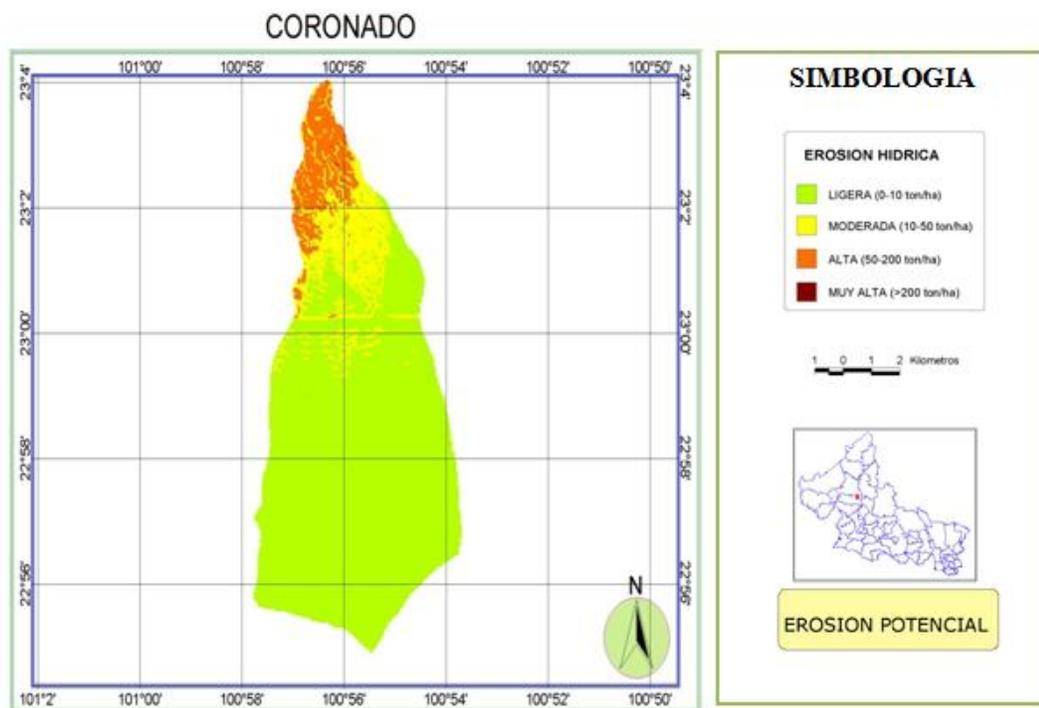


Figura 9. Erosión potencial en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 erosión potencial del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Erosión Actual

La erosión actual de la microcuenca tiene diversas causas que son las más comunes también en la mayoría del territorio nacional, como el arrastre de las aguas de lluvia, esto debido a que los terrenos están sin vegetación, ya que los habitantes extraen madera para uso domestico (postes, leña, construcción, etc.), hacen un uso extensivo del

agostadero y además no tienen prácticas de mejoramiento como agregar residuos de cosecha al suelo o una simple forestación.

La ecuación de erosión hídrica actual considera los factores RKLSC, los mismos de la erosión potencial (RKLS), y C que es el factor cobertura vegetal actual. En la Figura 10, se muestra la distribución del grado de erosión actual que presenta la microcuenca. La de clase ligera ($0-10 \text{ ton h}^{-1}\text{año}^{-1}$) es la que tiene mayor superficie, le sigue la clase moderada ($10-50 \text{ ton h}^{-1}\text{año}^{-1}$), que se concentra en la parte alta de la microcuenca y finalmente la clase alta ($50-200 \text{ ton h}^{-1}\text{año}^{-1}$) que ocupa un mínimo espacio de superficie.

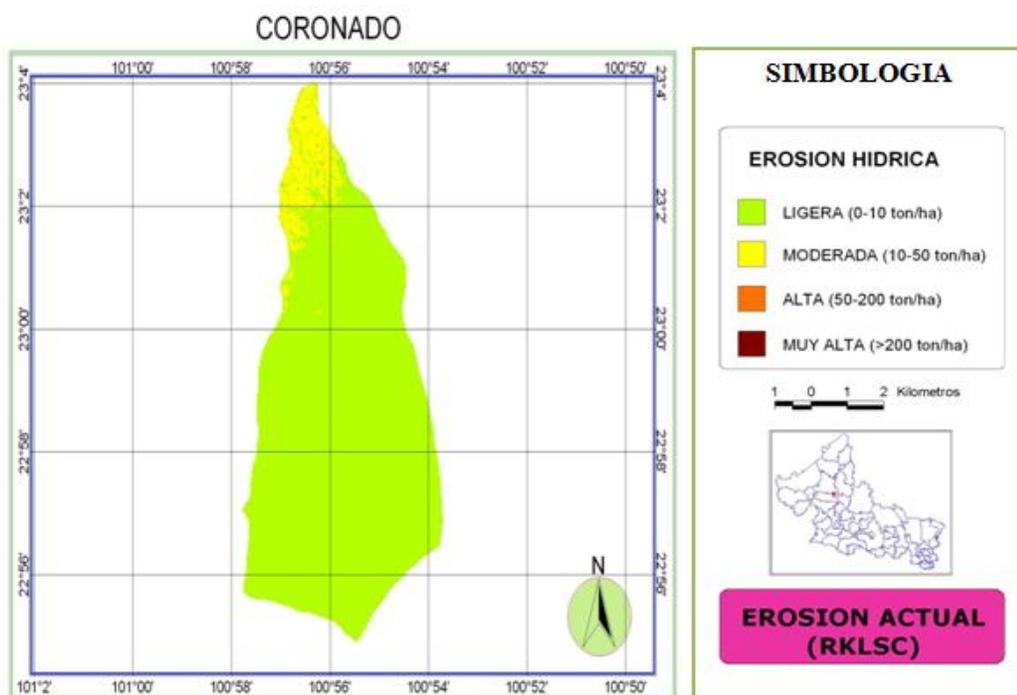


Figura 10. Erosión actual en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 erosión actual del suelo 1: 50 000 INEGI, realizada por INIFAP, 2007).

Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas

Erosión con prácticas vegetativas

La cobertura vegetal es un factor importante en el control de la escorrentía, a cuya magnitud afecta en una relación inversamente proporcional. En efecto la vegetación amortigua el impacto de la lluvia sobre el suelo, y esto además de reducir el efecto erosivo por impacto de la lluvia, favorece la infiltración del agua y reduce la magnitud

de la escorrentía. Es importante también mencionar que los residuos vegetales sobre el terreno y los tallos y follaje herbáceo constituyen un obstáculo físico que reduce la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva, (Becerra, 1999). Los bosques son los más efectivos en el control de la erosión, pero un pastizal en buenas condiciones puede tener la misma eficiencia si la cobertura vegetal es mayor al 70%.

En las figuras 12 y 14 se puede observar la diferencia en el grado de erosión potencial y actual en la medida en la que se incluyen prácticas de manejo de la cobertura (C_1) y prácticas mecánicas de conservación del suelo (factor P). La ecuación para la erosión con prácticas de manejo de la vegetación es $RKLS C_1$, donde C_1 , es el factor importante porque depende del uso y manejo de las especies vegetales. De esta manera si comparamos la erosión con las prácticas de manejo de especies vegetales con la erosión actual, se puede observar que deja de existir erosión en grados altos y muy altos y solo hay erosión ligera.

Las prácticas vegetativas consideran el desarrollo de plantas o cultivos, o el manejo de la vegetación natural con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo (Loredo, 2005).

Las prácticas agronómicas y vegetativas más recomendadas para la microcuenca Coronado son las siguientes:

Rotación de cultivos: Se refiere al crecimiento de dos o más cultivos en el mismo terreno, estableciendo uno después de cosechar el otro. Generalmente se recomienda sembrar una leguminosa después de una gramíneas o bien un cultivo de mayor densidad (avena, cebada o trigo) después de uno de surco.

Cultivo en fajas: Implica el establecimiento de dos o más cultivos en el mismo periodo o ciclo de cultivo.

Cultivos asociados o policultivos: Implican el crecimiento de dos o más cultivos en el mismo terreno y al mismo tiempo.

Cultivos de cobertura: Es el establecimiento de cultivos después de la cosecha del cultivo de interés económico, con el fin único de mantener cubierto el suelo y reducir las pérdidas por erosión. Generalmente se trata de un cultivo tupido en el cual es recomendable la presencia de una leguminosa del ciclo corto.

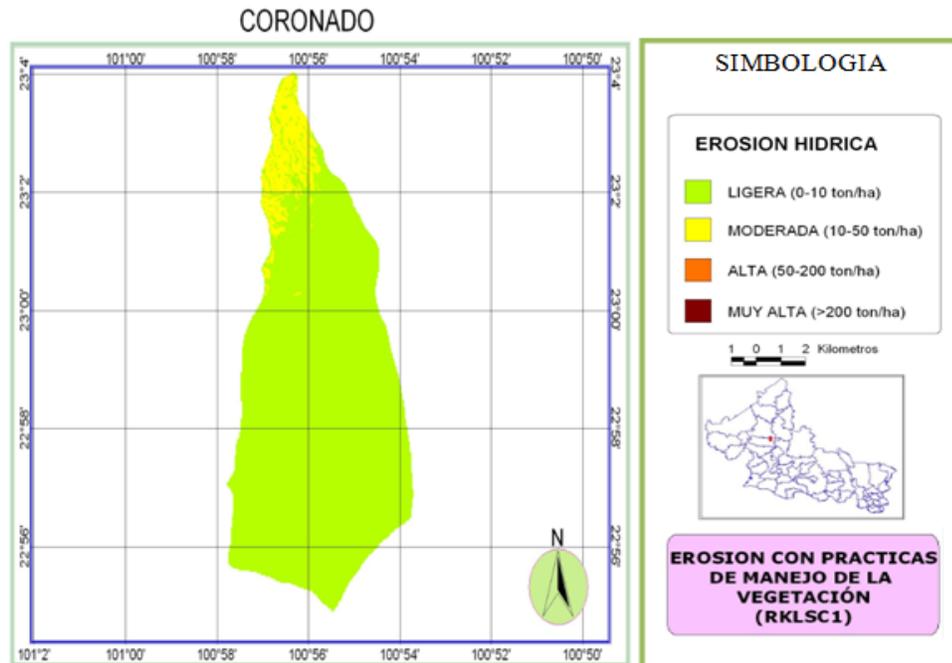


Figura 11. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 erosión con prácticas de manejo de la vegetación 1: 50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Abonos verdes: Implica que el cultivo de cobertera se incorpore al suelo para incrementar su fertilidad. La incorporación se debe realizar con suficiente tiempo antes de la siguiente siembra, para promover la descomposición de las plantas (Loredo *et. al*, 2007).

Sistemas agroforestales: Son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles y arbustos) son utilizados en asociación deliberada con cultivos agrícolas y con animales en algunos casos, en un arreglo espacial o cronológico en rotación con ambos.

Cobertura con residuos vegetales: Consiste en el recubrimiento de la superficie del terreno con los residuos de cosecha, tales como paja de trigo o cebada, tallos de maíz, hojarasca, etc. Esto se aplica con la finalidad de protegerlo del impacto de la lluvia y reducir la velocidad del flujo del viento.

Las prácticas agronómicas incluyen todas aquellas labores culturales, prácticas o técnicas aplicadas comúnmente a los cultivos, pero que directa o indirectamente inciden en la conservación del suelo (Becerra, 1999).

Estas prácticas se refieren a las actividades de manejo del terreno, tales como subsoleo o cinceleo, labranza de conservación, incorporación de materia orgánica y aplicación de mejoradores, que tiendan a reducir la densidad aparente del suelo, a incrementar su capacidad de infiltración, disminuir el escurrimiento y conservar la humedad. A continuación se mencionan algunas de ellas:

Subsoleo o cinceleo. Esta práctica consiste en fracturar el suelo en su perfil para romper el “piso de arado” con el objeto de incrementar la capacidad de infiltración, promover la penetración de raíces y reducir el escurrimiento superficial. Permite aumentar temporalmente la porosidad del suelo si se realiza a capacidad de campo. Debe efectuarse después de comprobar que la profundidad del suelo es la conveniente teniendo cuidado de no mezclar capas fértiles con infértiles en el caso de suelos pocos profundos. La separación de los cinceles dependerá de las condiciones del terreno y del tipo de resultados que se requieran pero deberán penetrar a una profundidad mínima de 45 cm. Como la formación del piso de arado en los terrenos agrícolas es muy común, se recomienda realizar el subsoleo con una periodicidad promedio de 4 años, no debe realizarse en suelos de poca profundidad.

Labranza de conservación. Sistema de laboreo y siembra que mantiene al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra. El suelo se prepara al mínimo solamente para enterrar la semilla y los residuos vegetales se mantienen sobre la superficie para mantener el suelo.

Labranza cero. No se disturba el suelo antes de la siembra. Este se realiza en forma directa y solo se prepara una franja no mayor de 7 cm de ancho. El control de las malezas se realiza con herbicidas.

Labranza en camellones. La siembra se realiza sobre camellones o surcos de 10 a 15 cm de altura, en la parte media del surco. El control de malezas se realiza combinando herbicidas y escardas.

Labranza en franjas. Se elabora solamente un tercio de la superficie al momento de la siembra, lo cual puede realizarse con arado rotatorio o con un cincel en línea de la siembra o una escardilla. El control de malezas se realiza combinando herbicidas y escardas.

Labranza en coberteras. Se labora a la superficie del suelo antes de la siembra con cincelos de puntas en “v” del tipo pata de ganso, se dejan los residuos de cosecha sobre la superficie del terreno. El control de malezas se realiza con una combinación de herbicidas y escardas.

Fertilización. Los suelos que presenten deficiencias nutricionales en los cultivos, especialmente de nitrógeno y fósforo, requieren adiciones de fertilizante orgánico o químico. En condiciones de temporal, es una práctica que ha tenido poca aceptación entre los productores, sin embargo es necesaria para evitar el empobrecimiento del suelo.

Estercoladuras. La práctica de aplicar estiércol es de gran importancia para mantener y/o mejorar las cualidades productivas del suelo, lo cual por definición es conservación de suelos. La incorporación de estiércol al suelo incide, en los aspectos siguientes: aporta materia orgánica, nutrientes y el efecto benéfico del estiércol se prolonga por varios años (Becerra, 1999).

Uso y conservación del agua. Cuando la agricultura depende de la precipitación es necesario conocer las diversas características de la lluvia, como cantidad, distribución, frecuencia, etc. De esta manera y conociendo los requerimientos de los cultivos, se puede planear con cierta base el periodo de establecimiento de los mismos, e incluso, en ciertos casos, diseñar sistemas de captación de agua “in situ” para establecer las necesidades del cultivo en temporal deficiente.

En el área de la microcuenca Coronado, se cultiva principalmente frijol y maíz como monocultivo o asociados; también se siembra cebada, sorgo, avena y pasto buffel. En estas tierras se puede usar el multiarado para roturar el terreno sobre el rastrojo o paja del cultivo. Esto permite que la mayor parte de los residuos vegetales queden sobre el terreno constituyendo una cubierta protectora eficiente. Este método es muy adaptable a suelos de textura franco-arenosa, debido a que permite la siembra directa sin preparación previa. En suelos de textura más pesada como los limo-arcillosos, se puede aflojar e incorporar previo al multiarado, parte de los residuos de cosecha por medio de arado de vertedera (Loredo, 2005).

En cuanto a ganadería esta es la principal actividad económica de la región; casi sin excepción toda el área está sometida a un intenso pastoreo, principalmente la sierra,

cerros y planos. Es evidente que una práctica de conservación esencial consiste en implantar un sistema de pastoreo que mantenga el equilibrio adecuado entre la cantidad de vegetación que el ganado consume y la que resta para la protección del suelo, es por eso que se propone la promoción de mejoras, administrativas, tales como la colocación de cercas, provisión de abastecimientos de agua y otras facilidades para la cría de ganado, para lograr de esta manera un buen uso del forraje y de los recursos de las tierras de pastoreo, teniendo en cuenta siempre las necesidades del ganado, las exigencias de los pastos y otras plantas forrajeras así como las condiciones físicas del terreno (William, 1973).

En aquellos sitios en los que la condición del agostadero es muy pobre es necesario recurrir a técnicas de rehabilitación de pastizales a través de la resiembra de gramíneas y el establecimiento de arbustivas forrajeras con apoyo de estructuras de retención de humedad. Para ello es necesario considerar la propagación de especies nativas, con el fin de restablecer las especies que cuentan con todas las ventajas que les da su condición de nativas (Beltrán *et. al.*, 2005).

Cuando se trata de terrenos con pendiente o condiciones muy abruptas, y se desea un buen aprovechamiento del sitio se recurre a otro tipo de prácticas, que son las mecánicas, estas son de alto costo, y además peligrosas, su principal objetivo debe ser controlar la erosión, estas prácticas se combinan con prácticas vegetativas también. Algunas de ellas pueden ser tinajas ciegas, terrazas de formación sucesiva, surcado al contorno, bordos en curvas a nivel con maguey o nopal. Otras prácticas muy recomendadas son las presas filtrantes para el control de azolves.

Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos

El uso y manejo del recurso suelo tiene el fin de mantener y/o manejar su capacidad productiva en función de sus aptitudes, limitantes y potencialidades de manera de evitar su pérdida y/o degradación (AGRORURAL, 2008). Cuando presenta limitantes como erosión ligera o moderada como lo es en la microcuenca Coronado se está muy a tiempo de aplicar prácticas mecánicas con base a la ecuación $RKLS C_1 P$ ya que considera los factores generadores y los atenuantes que son los que se tienen que poner en práctica cuando se tiene una erosión superior a $10 \text{ ton h}^{-1} \text{ año}^{-1}$, pero es importante mencionar que

las prácticas se deben aplicar en conjunto tomando en cuenta los 5 factores. Los factores C₁P son la integración de prácticas de manejo de la vegetación y, prácticas mecánicas y de conservación para prevenir y disminuir en la máxima potencialidad la erosión hídrica.

Las prácticas mecánicas son aquellas que consisten en estructuras diseñadas con base a implementos agrícolas, incluso con mano todo con la finalidad de reducir la erosión a través del control de la escorrentía superficial, ya sea modificando la longitud de la pendiente (acortándola) o modificando la inclinación de la misma (reduciéndola).

En las zonas áridas y semiáridas, existen zonas agrícolas donde el conocimiento y la experiencia tradicional han propiciado una agricultura basada en el manejo de los escurrimientos superficiales a través de la utilización del agua que escurre en corrientes intermitentes durante la época de lluvias, la cual es dirigida hacia parcelas limitadas por “bordos parcelarios”, generalmente localizados en la parte baja de las microcuencas; a estos terrenos les llaman “enlamados”.

Antes de diseñar las estructuras utilizadas en la conservación del suelo y agua, especialmente las prácticas mecánicas, se debe tener información sobre la época de lluvias y de los escurrimientos que se presentan en el área de la microcuenca. Para el diseño de las terrazas de formación paulatina, individuales o de banco, canales de desvío y otras estructuras usuales para resolver los problemas de erosión, es necesario estimar los escurrimientos máximos a diferentes periodos de retorno, tomando en cuenta la intensidad-duración de la precipitación, así como el tamaño y características de la microcuenca (Loredo, *et. al.*, 2005).

La microcuenca tiene pendientes del 4% hasta un 28%, y tomando en cuenta que las áreas agrícolas son de temporal y tienen muchas limitaciones, una de las prácticas que a los agricultores les puede favorecer es la de surcado al contorno la cual es recomendable en terrenos con pendiente de un 3% a 6%, ésta consiste en realizar el trazo de los surcos y el laboreo del cultivo en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, de esta manera se reduce la velocidad del escurrimiento superficial, por lo que hay mayor infiltración de agua, y por consiguiente se reduce la erosión y la formación de cárcavas. En cuanto a eficiencia se ha evaluado que permite reducir la erosión en 12%. El procedimiento para la localización y trazo del surcado al contorno es el siguiente:

- En el área de trabajo se localiza la línea de pendiente máxima y se marca con una estaca su punto medio.
- A partir del punto señalado con la estaca inicial se marca la línea guía o curva de nivel por medio de estacas separadas de 15 a 20 metros.
- Posteriormente se trazan los surcos paralelos a la línea guía, hacia arriba y hacia abajo hasta cubrir toda el área.
- En el caso de terrenos poco uniformes deben marcarse dos o más líneas guías de acuerdo al procedimiento descrito (Loredo, 2005).

En las áreas donde se tienen pendientes más elevadas como del 15% se puede complementar con terrazas de formación paulatina o sucesiva, estas consisten en la construcción de bordos de tierra, entre los cuales se espera se forme una terraza, por el movimiento del suelo que se presenta en cada evento lluvioso donde ocurre escurrimiento y desprendimiento del suelo superficial.

Las terrazas se pueden trazar de dos formas: la primera es “al contorno” de acuerdo al criterio de construcción de la antigua Dirección de Conservación del Suelo y Agua o bien modificándolas para hacerlas paralelas entre sí de acuerdo al procedimiento de construcción que recomienda el Colegio de Postgraduados de esta forma se evita la formación de cornejales y se facilitan las labores agrícolas.

El objetivo de las terrazas de formación sucesiva es el control del escurrimiento superficial en las tierras de cultivo, reteniendo en cada terraza los sedimentos que éste acarrea. Se logra también una mayor retención de humedad, que podrá ser utilizada por los cultivos a establecer en la terraza, obteniendo incrementos en la producción. Puede favorecer las acciones de reforestación o plantaciones de maguey y nopal, cuando se aprovechan los bordos para su establecimiento.

La selección del diseño se hace en función del clima y de aspectos operativos y de eficiencia. También se hace el cálculo del escurrimiento medio anual y escurrimiento máximo.

Para determinar el escurrimiento medio anual se utiliza la siguiente fórmula (Brooks *et al.*, 1993):

$$V_m = A C P_m$$

V_m = Volumen medio anual escurrido (miles de m³)

A = Área de la cuenca (km²)

C = Coeficiente de escurrimiento.

P_m = Precipitación media (mm)

Cuadro 21. Valores del coeficiente “C” para el cálculo del escurrimiento.

Tipo de Vegetación	Topografía	Textura del suelo		
		Gruesa	Media	Fina
Bosque	Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
	Ondulado (6-10% de pendiente)	0.25	0.35	0.50
	Escarpado(11-30% de pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales	Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
	Ondulado (6-10% de pendiente)	0.16	0.36	0.55
	Escarpado(11-30% de pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos Cultivados	Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
	Ondulado (6-10% de pendiente)	0.40	0.60	0.70
	Escarpado(11-30% de pendiente)	0.52	0.72	0.82

Fuente: Loredó *et. al.*, 2005.

En seguida se calcula el promedio ponderado mediante el cuadro 22 donde las superficies para cada condición se presentan en la columna dos; en la columna tres se coloca el valor del coeficiente C obtenido en el cuadro 21; en la columna cuatro se obtiene el producto de la columna dos por la tres, y finalmente en la columna cinco se obtiene el valor ponderado del coeficiente “C” para la microcuenca, al dividir 2457.663 entre 7171.6.

Posteriormente se aplica la ecuación:

$$\mathbf{Vm = A C Pm}$$

$$Vm = (71.716 \text{ km}^2) (0.34) (414.9 \text{ mm})$$

$$\underline{Vm = 10116.689 \text{ miles de m}^3 \text{ al año.}}$$

Entonces en la microcuenca de Coronado con 7171.6 ha hay una precipitación anual de 414.9 mm, y el volumen medio anual que escurre es de 10116.689 miles de m³ al año.

Para obtener el escurrimiento máximo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\underline{\mathbf{Q = 0.028 CLA}}$$

Donde:

Q = Escurrimiento máximo (m³ seg⁻¹)

0.028 = Constante numérica para ajuste de unidades

C = Coeficiente de escurrimiento

L = Lluvia máxima en 24 horas (cm)

A = Área de la cuenca o microcuenca (ha)

Aplicando a formula resulta:

$$Q = 0.028 (0.34) (13.6 \text{ cm}) (71.716 \text{ Km}^2)$$

$$\underline{Q = 9.285 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}}$$

Una vez teniendo los escurrimientos se calculan los intervalos. Para el cálculo del Intervalo Vertical (IV) entre terrazas se puede utilizar el sistema de espaciamiento propuesto por el Colegio de Postgraduados, mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IV = ap + b}$$

Donde:

IV = Intervalo vertical

a= Variable en función de la precipitación (este valor se obtiene del plano para la constante “a” del Manual de Conservación del Suelo y Agua del CP, 1977). Para la zona del Altiplano Potosino, toma valores de 0.20 a 0.25.

p= Pendiente media del terreno (8%)

b= Variable que depende de la erosionabilidad del suelo. Su valor se obtiene el cuadro 20.

$$IV = ap + b$$

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

$$IV = 2.25m$$

Cuadro 22. Cálculo del coeficiente de escurrimiento ponderado “C”.

Condiciones de la microcuenca	Superficie (ha) (col 1)	Coefficiente de escurrimiento (col 2)	col 1 x col 2	Coefficiente de Escurrimiento (C) ponderado
<u>Terreno cultivado</u>				
Plano y ligeramente ondulado con textura media	38.20	0.55	21.01	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	375.66	0.55	206.613	
<u>Pastizales</u>				
Plano y ligeramente ondulado con textura media	2216.40	0.33	731.412	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	2368.22	0.33	781.51	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	234.35	0.33	77.33	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	1450.3	0.33	478.59	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	102.97	0.33	33.99	
Plano y ligeramente ondulado con textura media	365.90	0.33	120.74	
Zonas industriales con terreno plano y ligeramente ondulado	19.60	0.33	6.468	
<u>Total</u>	7171.6		2457.663	<u>0.34</u>

Fuente: Loredo *et. al.* 2005

Con este valor (IV=2.25) se procede a calcular el IH (intervalo horizontal), cuyo valor representa la distancia entre terrazas sobre el terreno. El IH se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{IH= IV/P \times 100}$$

Donde:

IH = Intervalo horizontal

IV = Intervalo vertical

P = Pendiente media del terreno (8%)

$$IH= IV/P \times 100$$

$$IH= 2.25/ 8 \times 100$$

$$\mathbf{IH= 28.125m}$$

Cuadro 23. Valor del coeficiente “b” para calcular el espaciamiento entre terrazas.

Valor de “b”	Drenaje Interno del Suelo	Cubierta Vegetal en el período de lluvias intensas
0.30	Lento	Escasa
0.45	Rápido	Escasa
	Lento	Abundante
0.60	Rápido	Abundante

Fuente: Loredo *et. al.*2005.

Teniendo el espaciamiento de las terrazas su valor se ajusta al ancho de la maquinaria por utilizar.

Determinación del intervalo ajustado:

$$\mathbf{IHaj= IH - IV}$$

$$IHaj= 25.875m$$

Esto equivale a 10 vueltas con maquinaria de 3 surcos a 0.92m

Metros lineales de terraza por hectárea

$$\mathbf{m T ha^{-1} = 100 \times 100 / IHaj}$$

$$m \text{ T/ ha} = 100 \times 100 / 25.875m$$

$$m \text{ T/ ha} = 386.47343$$

Posteriormente se determina la capacidad de almacenamiento de la terraza en litros por metro lineal en base al escurrimiento esperado con la siguiente fórmula:

$$A = E \times Fe \times 10$$

Donde:

A= Capacidad de almacenamiento (Lm^{-1})

Fe= CL

E= Espaciamiento entre terrazas (m)

Fe= Factor de escurrimiento

C= Coeficiente de escurrimiento (ponderado)

L= Lluvia máxima en 24 hrs (cm)

10 = Factor de ajuste de unidades

$$A = E \times C \times L \times 10$$

$$A = 25.875m \times 0.34 \times 13.6 \times 10$$

$$A = 1196.46 Lm^{-1}$$

A partir de este valor se seleccionan en el Cuadro 25 las dimensiones del bordo y zona de préstamo, que se debe utilizar en la construcción de las terrazas, de tal manera que se evite su desbordamiento y ruptura.

Especificaciones de construcción

Para una pendiente del 8% se obtiene una capacidad de almacenamiento de 1032 litros por metro lineal muy inferior a los $1196.46 Lm^{-1}$ esperados en el diseño, lo cual nos da un margen de seguridad contra ruptura. Las especificaciones para la construcción de las terrazas se presentan en el cuadro 24.

El procedimiento para la construcción de las terrazas de formación sucesiva es el siguiente:

1. Se hace el levantamiento topográfico del terreno con las curvas a nivel de acuerdo al intervalo horizontal calculado. En el gabinete se ajustan las curvas para hacer las terrazas paralelas entre sí.

Cuadro 24. Especificaciones de construcción (dimensiones del bordo de terraza)

Literal	Significado	Valor estimado
CA	Capacidad de almacenamiento del bordo	1032 Lm ⁻¹
H	Altura del bordo	0.50m
B	Base del bordo	1.20m
H ₁	Profundidad de corte aguas arriba	0.16m
Y ₁	Longitud de corte aguas arriba	1.87m
H ₂	Profundidad de corte aguas abajo	0.18m
Y ₂	Longitud de corte aguas abajo	1.67m

Fuente: Loredó *et. al.*, 2005.

2. De acuerdo al plano de curvas a nivel ya ajustadas, éstas se marcan en el campo con cal o con estacas.

3. Se procede al levantamiento del bordo con maquinaria. Esto consiste en la remoción del suelo sobre la curva a nivel ya corregida con arado de discos o con bordero, formando un bordo con una altura de 50 cm. El material de préstamo se toma aguas arriba y aguas abajo con una base de 1.20 cm.

4. Afinado de la terraza: consiste en la conformación y semicompactación del bordo para darle forma trapezoidal respetando las alturas de los diseños calculados. Generalmente se le dan 15 cm de corona a los bordos; el afinado de la terraza se hace con mano de obra (Loredó *et. al.*, 2005).

En la parte más alta de la microcuenca se corre el riesgo de tener una erosión alta (50-200 ton ha⁻¹), que con algunas prácticas vegetativas y agronómicas se ha disminuido, pero es importante considerar prácticas mecánicas como las tinajas 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.

Cuadro 25. Dimensiones y capacidad de almacenamiento de las terrazas de base angosta, cuando el material de préstamo se obtiene de las partes aguas arriba y aguas abajo (cm).

Pendiente %	H	B	H ₁	H ₂	Y ₁	Y ₂	Capacidad de almacenamiento Lm ⁻¹
5		80	8	10	200	160	1307
	40	90	10	10	180	180	1308
		100	10	10	200	200	1309
	45	90	10	12	202	169	1654
		100	12	12	187	187	1655
		110	12	14	206	177	1657
		100	12	14	208	179	2042
	50	110	14	16	196	172	2043
		120	14	16	214	187	2045
	10		80	8	10	200	160
40		90	10	12	180	150	660
		100	10	12	200	167	661
45		90	10	12	202	169	834
		100	12	14	187	161	835
		110	12	14	206	177	837
		100	12	14	208	179	1029
50		110	14	16	196	172	1031
		120	16	18	187	167	1032
15			90	10	12	202	169
	45	100	12	14	187	161	562
		110	14	16	177	155	563
	50	100	12	14	208	179	692
		110	14	16	196	172	693
		120	16	18	187	167	695
		110	16	18	189	168	837
	55	120	18	20	183	165	839
		130	18	20	199	179	841
	20		90	10	12	202	169
45		100	12	14	187	161	425
		110	14	16	177	155	427
50		100	14	16	179	156	523
		110	14	16	196	172	525
55		120	16	18	187	167	526
		110	16	18	189	168	633
		120	18	20	183	165	635
		130	18	20	199	176	636

Fuente: Loredó, *et.al.* 2005 (H = Altura de bordo; B = Base de bordo; H₁= Profundidad de corte aguas arriba; H₂= Profundidad de corte aguas abajo; Y₁= Longitud de corte aguas arriba; Y₂= Longitud de corte aguas abajo; Lm⁻¹ = Litros por metro lineal de bordo).

Para la construcción de las tinas ciegas se excava en material común o en algunos casos en material del tipo I y II; el material extraído se coloca de aguas abajo de la tina. Esta práctica se realiza generalmente con mano de obra y con curvas a nivel. El sistema recomendado para la ubicación de las tinas, es del tresbolillo, para favorecer la captación del la mayor parte del escurrimiento generado en el terreno.

Los objetivos que se persiguen con este tipo de obras son:

- 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.

En la figura 13 se presentan las dimensiones recomendadas para la construcción de las tinas ciegas.

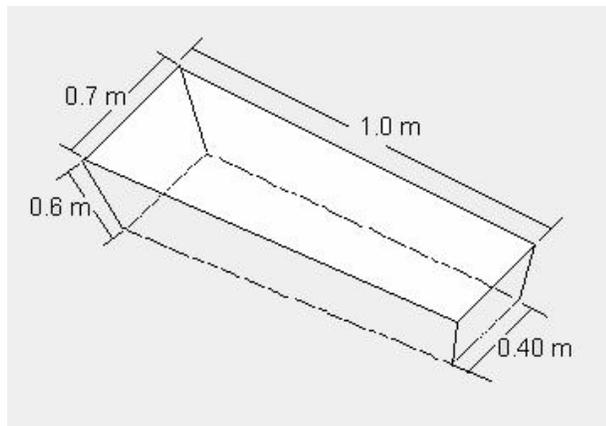


Figura 12. Croquis de una tina ciega. Fuente: Loredó, 1986.

Especificaciones de construcción

De acuerdo a esta medida el volumen de la tina será de 0.33 m^3 . Para tener el control más eficiente del escurrimiento, se recomienda dejar entre tina y tina una distancia de 0.80 m, de tal forma que en una línea de 100 metros se establecerán 55 tinas.

Obtención de los intervalos

El intervalo horizontal entre las líneas donde se construirán las tinas ciegas se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{IH = [(ap+b)/p]*100}$$

Donde:

IH = Intervalo Horizontal.

a = Variable que está en función de la precipitación.

p = Pendiente media (%).

b = Variable que depende de la erosionabilidad del suelo y de sus prácticas de manejo.

Entonces:

$$IH = [(0.225) (8) + (0.45) /8]*100$$

$$\underline{IH = 28.125 \text{ m}}$$

Se tendrían 3 líneas por hectárea, y si consideramos que en cada línea caben 55 tinas tendríamos:

$$\underline{3 \times 55 = 165 \text{ tinas ha}^{-1}}$$

Volumen excavado:

$$\underline{165 \times 0.33 \text{ m}^3 = 54.45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}}$$

En la figura 14 se observa la disminución de la erosión aplicando las prácticas mecánicas y vegetativas correspondientes, ahora la microcuenca se encuentra dentro de los límites permisibles de erosión ya que desapareció la erosión alta (50-200 ton ha⁻¹) y solo se observa una erosión ligera y moderada.

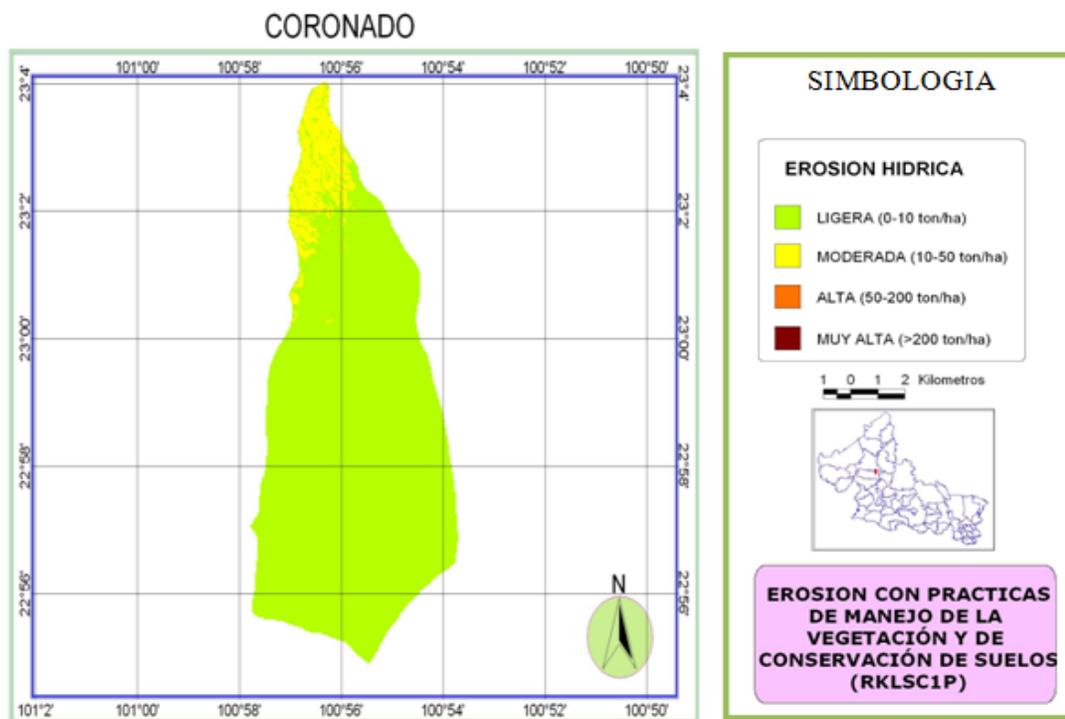


Figura 13. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y conservación de suelos en la microcuenca Coronado (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A44 y F14-A54 erosión con prácticas de manejo de la vegetación 1: 50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Recomendaciones para el Manejo de Pastizales

Los productores de la microcuenca Coronado tienen como principal actividad económica la ganadería, la cual es de tipo extensiva (libre pastoreo), y ocupa 6,722.00 ha de la superficie total, la mayor parte de esta tiene un intenso pastoreo; esta actividad se concentra principalmente en las zonas de mayor pendiente; hay especies de tipo caprino, bovino, ovino y equino.

El forraje que se tiene para el ganado proviene de pastos como: Zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), Zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*), Liendrilla (*Muhlenbergia repens*), Zacate mezquite (*Hilaria berlanderi*), Navajita roja (*Bouteloua trifida*), Navajita azul (*Bouteloua gracilis*), Banderilla (*Bouteloua curtipendula*), Lobero (*Lycurus phleoides*), y especies de los géneros: *Muhlenbergia*, *Aristida*, *Erioneuron*, *Heteropogon* y *Stipa*. Es común el pastoreo dirigido con encierro nocturno con el ganado caprino y ovino. En cuanto a los equinos el sistema de explotación que se practica es de

tipo extensivo tradicional, grandes superficies de terreno. En general, el ganado pasta libremente durante todo el año, en la temporada de sequía el productor procura apoyar al ganado con fuentes de alimentación alterna como el nopal chamuscado, rastrojo de maíz, maguey picado, vaina de mezquite, palma china y ocasionalmente se ven obligados a comprar pollinaza, rastrojo, pacas de alfalfa, etc. lo cual les resulta en un alto costo.

Los beneficios que el productor obtiene del ganado bovino, es la leche, que comercializa dentro de su comunidad y también para el consumo familiar. Algunos productores elaboran quesos y los llevan a vender a la cabecera municipal. De los caprinos obtienen mayores ingresos ya que el producto comercializable puede ser cabrito, tripón para barbacoa y leche para la elaboración de dulces regionales y de contar con buenos animales también lo pueden comercializar como pie de cría.

En cuanto a sanidad, en la región los caprinos y ovinos son vacunados una vez al año, mediante las campañas de vacunación, les cuesta de 5 a 8 pesos por animal, dependiendo de la vacuna que se aplique.

La problemática que se vive principalmente en la microcuenca Coronado, son las frecuentes sequías, debido a las lluvias escasas y mal distribuidas, y a las temperaturas extremas que ahí se presentan. Otro problema y muy común es la desorganización y al desinterés de los productores ante los programas de desarrollo a la conservación de los recursos del pastizal por el desconocimiento del manejo de los recursos naturales. Todo esto ha provocado la destrucción de la cubierta vegetal, debido al sobrepastoreo de los agostaderos, lo que origina también erosión de los suelos.

Con base en las condiciones que presenta el área, se puede detectar que los productores no tienen un control de carga animal, por lo que es necesario hacer un ajuste de la misma.

La utilización de una adecuada carga animal en el agostadero permite la recuperación de la vegetación (cobertura, producción, calidad y diversidad de especies vegetales), favorece la cosecha de agua de lluvia y contribuye a reducir la erosión; además, la productividad del ganado mejora al disponer de una mayor cantidad de forraje de buena calidad, lo cual favorece el desarrollo de una ganadería sostenible (Beltrán, *et. al.*, 2005).

Carga animal se refiere al número de animales que pastorean un sitio por un tiempo determinado, la cual debe tener un punto óptimo es decir que deberá existir un equilibrio

entre la producción ganadera y la disponibilidad de forraje, de tal manera que el sistema de producción sea sostenible (Beltrán, *et. al.*, 2005).

Para estimar la capacidad de carga animal en la unidad de producción se requiere contar con la siguiente información:

1. Tipos de vegetación
2. Total de forraje disponible en la explotación
3. Forraje utilizable
4. Composición del hato (vacas, vaquillas, becerras, becerros, toros).
5. Especie y número de animales (bovinos, ovinos, caprinos)
6. Peso promedio de los animales
7. Consumo diario de forraje por tipo animal.
8. Requerimiento total de forraje por el ganado.

Otras prácticas para el buen manejo del pastizal son:

- Aplicación de un sistema de pastoreo rotacional, incluyendo la instalación de cercos perimetrales y divisionales considerando un tipo de ganado bovino o equino.
- Distribución adecuada de agujajes en el agostadero.
- Utilizar saladeros y bloques nutricionales como suplementos y como herramienta para lograr una mejor distribución del pastoreo.
- Eliminar el exceso de carga animal preferentemente la improductiva.
- Dar a las plantas del pastizal la oportunidad de recuperación a fin de que produzcan semilla y se lleve a cabo la resiembra en forma natural.
- Controlar plantas tóxicas para el ganado (Beltrán, *et. al.* 2007).

La rotación de potreros es un sistema de pastoreo basado en alternar el uso con el descanso del agostadero, orientando las estrategias para obtener la máxima producción animal por hectárea, cuidando al mismo tiempo, conservar los recursos naturales (Beltrán, *et. al.*, 2005).

El objetivo básico del manejo del pastoreo es controlar los recursos tanto vegetal como animal, de tal forma que se pueda obtener y mantener una alta eficiencia en el sistema de producción por medio de la utilización óptima de las praderas y la productividad máxima de los animales (Beltrán, *et. al.*, 2005).

El sistema aporta diversas ventajas, entre las que destacan:

- Permite que la vegetación pase por un período de recuperación entre ciclos de pastoreo.
- Al pastorearse los potreros en diferente época del año cada vez, se promueve la producción de semilla y la resiembra natural, lo cual estimula la producción de forraje.
- Se puede mantener la producción animal a través de los años.
- Se evita que el agostadero pierda gradualmente calidad, con lo que se limitaría la producción ganadera.

Para diseñar un sistema de pastoreo rotacional es necesario:

1. Circular el agostadero.
2. Determinar el número de potreros en que se dividirá el agostadero.

El número de potreros en que se debe dividir un agostadero depende de las características particulares de los distintos sitios.

3. Determinar la capacidad de carga total del agostadero.

Como la capacidad de carga de cada uno de los sitios o potreros puede variar en función al tamaño y a las condiciones del sitio, es necesario conocer la cantidad de Unidades Animal que se pueden mantener en cada uno. Para ello, es necesario conocer el Coeficiente y el Tamaño del Agostadero.

Coeficiente de Agostadero: Éste es un término que se refiere a la capacidad forrajera de un agostadero y se expresa como el número de hectáreas necesarias para mantener una Unidad Animal (UA) durante un año ($\text{ha UA}^{-1} \text{ año}^{-1}$). La Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA, SAGARPA), tiene una relación de los coeficientes de agostaderos de los distintos sitios, los cuales fueron consultados para estimar la capacidad de carga.

Estimación de la Capacidad de Carga Animal: Una vez que se conoce el coeficiente de agostadero del rancho, simplemente se dividen el número de hectáreas de cada potrero entre este coeficiente.

Una vez planeado el pastoreo rotacional, será necesario proveer a todos los potreros de agua y un corral de manejo común con acceso a todos los potreros, para un manejo más eficiente del ganado. Es importante mencionar que el ganado no debe caminar más de 2.3 km para llegar a un abrevadero (Huss y Aguirre, 1974).

Hay que tener en cuenta que la producción de forraje en el potrero no se puede mantener igual durante todo el año, esto puede ser por los factores climáticos o la especie que en él se encuentra, por lo tanto se recomienda anticipar otras fuentes de alimentación, por ejemplo una suplementación energético proteica a base de pollinaza y otros productos disponibles en la región como rastrojo y grano de maíz, o ensilaje de maíz y sorgo, con la finalidad de mantener la condición corporal de los animales sin generar pérdidas en la explotación.

A partir de los datos obtenidos en el manual de Coeficientes de Agostadero de la Republica Mexicana de la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero, para el estado de San Luis Potosí (COTECOCA, 1974), se realizó el cálculo de capacidad de carga animal en el área destinada a la ganadería en la microcuenca Coronado, esto, tomando en cuenta la producción de forraje utilizable por hectárea en base a materia seca y considerando el 3% del peso vivo del animal como su consumo diario en Materia Seca (MS). El área de la microcuenca abarca dos sitios de productividad forrajera diferente y por lo tanto con coeficientes de agostadero diferentes. Los sitios del pastizal que se localizaron son el Dgn 61 y la Dh 68;

Dgn 61: Se encuentra en aquellas áreas con climas muy secos o muy áridos (BW) donde la precipitación pluvial promedio es de 270 mm al año, la temperatura media anual 18.3° y 11 meses de sequía; la pendiente es compleja dentro del 20 y el 35% de inclinación; la altitud varía de 1600 a 3000 msnm; el tipo de suelo es sierozem, calcáreo, de origen coluvial, someros, con textura franco-arenosa, estructura granular y con un pH de 7.2. Las especies arbustivas más importantes en este sitio son: *Hecthia glomerata*, *Agave lechuguilla*, *Yucca carnerosana*, *Lycium berlandieri*, *Calliandra eriophylla* y *Gochnatia hypoleuca*; dentro de las gramíneas más abundantes están: *Bouteloua*

curtipendula, *Bouteloua gracilis*, *Erioneuron pilosum* y *Stipa spp.* Este sitio en la condición buena produce 325 kg de forraje utilizable por hectárea en base a la materia seca.

Dh 68: Se localiza en la región boreal central del estado, con climas secos o áridos a muy secos o muy áridos, la precipitación pluvial varía de 345 a 522 mm al año, la temperatura media anual es de 16.4 a 19.7°C y tiene un periodo de sequia de 6 a 8 meses, la pendiente es uniforme de 2 a 8%, la altitud varia de 1300 a 2000 msnm, los suelos son sierozem, por lo general calcáreos, son de origen aluvio-coluvial, de profundidad que varía de media (25 a 50 cm) a profunda (más de 50 cm), la textura varia de limosa (yesosa) a franco arenosa, la estructura de masiva (sin forma) a granular y el pH de 6.8 a 7.4. Algunas especies arbustivas de que está formado este sitio son: *Larrea divaricata*, *Prosopis laevigata*, *Flourenzia cernua*, *Atriplex canescens*, *Parthenium incanum*, *Parthenium argentatum*, *Koeberlinia spinosa*, *Yucca filifera*, *Yucca carnerosana*, *Opuntia rastrera*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia leucotricha*, *Opuntia cantabrigiensis*. Las gramíneas más importantes son: *Setaria macrostachya*, *Sporobolus airoides*, *Bouteloua chasei*, *Muhlenbergia repens*, *Muhlenbergia villosa*, *Buchloe dactyloides*, *Bouteloua gracilis*. La producción forrajera de este sitio en la condición buena es de 125 kg de forraje utilizable por hectárea en base a la materia seca.

El cálculo de la capacidad de carga animal para los dos sitios es el siguiente:

Datos:

Dgn 61

Superficie= 1008.3 ha

Producción de forraje utilizable en base a materia seca=325 kg ha⁻¹

Porcentaje de consumo por animal= 3% del Peso Vivo

Procedimiento:

(1008.3 ha) (325kg) = 327697.5 kgMS

(450 kg PV) (3%) (365)= 4,927.5 kg UA⁻¹ año⁻¹

327697.5 kgMS / 4,927.5 kg UA⁻¹ año⁻¹= 66.50 UA en 1008.3 ha⁻¹ año⁻¹

Datos:

Dh 68

Superficie= 5713.7 ha

Producción de forraje utilizable en base a materia seca=125 kg ha⁻¹

% de consumo/animal= 3% del PV

Procedimiento:

(5713.7 ha) (125kg)= 714212.5 kg MS

(450 kg PV) (3%) (365)= 4,927.5 kg UA⁻¹ año⁻¹

714212.5 kg MS / 4,927.5 kg-UA-año⁻¹= 144.94 UA

En el cuadro 26 se presentan los resultados de la estimación de la carga animal.

Cuadro 26. Resultados de estimación de carga animal.

Concepto	Sitio Dgn 61	Sitio Dh 68
Superficie (Hectáreas)	1008.3	5713.7
Forraje utilizable (kg de MS ha ⁻¹)	327697.5	714212.5
Consumo de (kgMS UA ⁻¹ año ⁻¹)	4,927.5	4,927.5
Capacidad de Carga Animal (UA año ⁻¹)	66.50	144.94
Coeficiente de Agostadero (ha UA ⁻¹ año ⁻¹)	15.16	39.42

Con las equivalencias para las diferentes especies animales que proponen Huss y Aguirre en el cuadro 27, se calcula el ajuste para las especies de cada sitio: en Dgn 61, por ejemplo, las 66 UA-año⁻¹ que puede soportar el terreno de pastizal equivalen a 199 borregos con cría al pie o cabras adultas; y en Dh 68, 145 UA-año⁻¹ equivalen a 435 borregos con cría al pie o cabras adultas.

Cuadro 27. Equivalencias de una unidad animal.

Especie animal	Equivalente de UA
Vaca adulta con becerro (450 kg)	1.00
Toro maduro	1.25
Novillo de menos de un año	0.50
Oveja con cría	0.20
Cabra adulta	0.20
Equino adulto	1.25
Venado cola blanca	0.20

Fuente: Huss y Aguirre, 1979.

DISCUSIÓN

Refiriendo las condiciones socioeconómicas de la microcuenca Coronado, esta tiene 656 habitantes en total, de los cuales el 80% sabe leer y escribir, situación que es muy favorable para el desarrollo de la comunidad. Su alimentación se basa en productos básicos como frijol, maíz, arroz, papa, chile, huevo, derivados de leche, y carne de especies ganaderas. En cuanto a atención médica es muy mala ya que La Trinidad es el único Ejido que cuenta con una clínica, por lo que en casos urgentes, las comunidades que no cuentan con este servicio tienen que trasladarse a ésta o a otra que esté más cercana, y además el Médico visita las comunidades cada mes.

Con relación a las condiciones climáticas y fisiográficas tienen 414.9 mm de precipitación media anual y una temperatura de 17° C. Los cultivos a establecer deben seleccionarse de acuerdo a los requerimientos que ofrece la zona. Además que en más de la mitad de su superficie predomina las clases de uso de suelo V y VII a las cuales se les puede sacar buenas producciones pecuaria con aprovechamiento del agostadero, introduciendo prácticas de manejo, conservación y restauración. En cuanto a su fisiografía tiene alturas desde 1690 - 2700 msnm.

Las condiciones edáficas del área de estudio son: en el 57% del total de la superficie domina el suelo de clase V esto equivale a 4000 ha, la clase VI y la clase VIII ocupan un 20% cada una, es decir 1400 ha respectivamente, y la clase VII es la que ocupa menor superficie, solo el 2.88% o sea 206 ha. Debido a las actividades que se realizan y a que no había un manejo adecuado del suelo, éstas son las condiciones de erosión que se observaban: erosión ligera en 5752 ha, erosión moderada en 853 ha, erosión alta en 547 ha y una erosión muy alta en sólo 0.66 ha. Con las prácticas de manejo de la vegetación y las prácticas mecánicas, se disminuye la erosión, y pasa de erosión alta y muy alta a moderada.

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

Clase V: Ocupa el 56% aproximadamente del total de la microcuenca. En este tipo de suelo lo más recomendable es un manejo de la vegetación ya sea nativa o introducida, lo importante es mantener la cubierta vegetal tanto en terrenos agrícolas como pastizales.

Es apropiada para uso pecuario presentando limitaciones de clima y suelo; con obras de conservación como las terrazas de formación sucesiva, surcado al contorno o terrazas de piedra acomodada, se puede lograr una buena producción.

Clase VI: Ocupa el 20% de la superficie total. De la misma manera se debe buscar conservar la cobertura vegetal induciendo algunos pastos. Se recomienda tener un control de la carga animal y evitar extracción de especies nativas. Estos suelos deben destinarse a pastoreo y silvicultura, son suelos con muchas limitaciones, no son aptas para cultivos anuales. Deben implementarse las prácticas mecánicas recomendadas como tinas ciegas o terrazas, también algunas presas para control de azolves.

Clase VII: Su porcentaje es mínimo es el 3% que equivalen a 200 ha. Estos suelos presentan poca resistencia a la acción erosiva del agua, por lo que se recomiendan acciones de restauración y protección como tinas ciegas, zanja y bordo y manejo de la carga animal. Se debe destinar más a bosque que a pasto, por la pendiente que es más prolongada.

Clase VIII: Se consideran suelos no aptos para uso agropecuario, solo pueden destinarse a la vida silvestre, este ocupa un 20% de la superficie total de la microcuenca. Deben hacerse obras de control de erosión ya que es la parte donde presentan niveles altos debido a la pendiente, entre estas están reforestación con maguey o nopal en curvas a nivel colocando hileras de piedra acomodada para evitar que se vaya el suelo e implementar tinas ciegas para retención de humedad.

Con la aplicación de la ecuación universal de la erosión hídrica se aprecia que solo un 7.64% ha rebasado los límites permisibles de erosión, pero con las prácticas que se han hecho como las terrazas de formación sucesiva y las tinas ciegas ha disminuido y se puede ir recuperando el área.

La mayor problemática en la microcuenca es el desconocimiento de sistemas de producción encaminados a la conservación; además de la negativa a implementarlos, lo que se tiene que hacer primordialmente es buscarles apoyos de gobierno para que trabajen sus tierras adecuadamente y lograr que vean buenos resultados, de esta manera se podrán convencer de la importancia de conservar los recursos con los que cuentan.

CONCLUSIONES

La microcuenca Coronado presenta lluvias escasas y mal distribuidas, y temperaturas extremas con presencia de heladas tempranas y tardías. Tiene buenas condiciones para aumentar la producción y el nivel de vida de sus habitantes, considerando que aun no tienen altos porcentajes de erosión y que existen escurrimientos de las partes altas que han favorecido la formación de suelos fluvisoles que son aprovechados en agricultura de temporal con la construcción de terrazas o bordos donde aprovechan el agua provenientes del escurrimiento.

Las prácticas agronómicas, vegetativas, mecánicas y de conservación más recomendadas para las áreas agrícolas de la microcuenca Coronado son:

- Prácticas agronómicas y vegetativas: rotación de cultivos, cultivo en fajas, cultivos asociados o policultivos, cultivos de cobertera, abonos verdes, cobertura con residuos, subsoleo, labranza de conservación, incorporación de materia orgánica y aplicación de mejoradores.
- Prácticas mecánicas y de conservación de suelos: bordos parcelarios, surcado al contorno, terrazas de formación sucesiva y tinas ciegas.

Las recomendaciones para el manejo de pastizales son las siguientes:

- Realizar el ajuste de carga animal, indicando la especie adecuada para la zona.
- Llevar a cabo el sistema de pastoreo rotacional, con una buena distribución de abrevaderos, con suplementación de alimento para las temporadas de sequía, eliminación de especies tóxicas y especies improductivas como los equinos.
- Dejar un periodo de recuperación de los pastizales.

Impulsando las labores de conservación y las prácticas vegetativas, agronómicas y mecánicas, se daría empleo a los habitantes, y de la misma manera ellos pueden aumentar sus conocimientos de producción obteniendo mejores resultados.

LITERATURA CITADA

- AGRORURAL. 2008. <http://www.agrorural.gob.pe/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos/conservacion-de-suelos.html>
- Beltrán-López S. 2012. Conservación de Suelo y Agua en Agostaderos. Memorias del Curso- Taller Manejo de Ecurrimientos Superficiales y Conservación del Suelo y Agua. S.L.P., México.
- Beltrán-López S., J. Urrutia Morales., C. Loredó Osti. 2005. Pastoreo Rotacional en Agostaderos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- SAGARPA. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México.
- Beltrán-López S., Chávez Silva A. H., Esqueda Coronado M. H., González Sotelo A., Lara del Río M. J., Royo Márquez M. H., Sierra Tristán S., Sosa Rubio E. E., Villanueva Ávalos F. 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo, Manual de capacitación. Folleto técnico No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-SAGARPA. México.
- Becerra-Moreno A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. UACH. D. F. México.pag 37-50, 149-179, 241-245,263-329
- Brooks K. N., P. Ffolliot, F., H. Gregersen M. and J. Thames L. 1991. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press/Ames. 392 p.
- Candia C. U. 2004. Promoción para la organización de productores. Memorias del Curso-Taller “Manejo integrado de recursos con Enfoque de Microcuencia”. Junio de 2004. San Luis Potosí, S.L.P.
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). 1993. Plan Nacional para combatir la Desertificación.
- Colegio de Postgraduados de Chapingo. 1977. Manual de Conservación del Suelo y Agua. Instructivo. SARH-SPP. Chapingo, México. 248p.
- 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. 168p.
- COTECOCA. 1978. Coeficientes de Agostadero para el estado de San Luis Potosí, México.
- Dirección General de Conservación del Suelo y Agua (DGCSA). 1981. Metodología del Expediente Técnico Unitario. SARH. México, D.F. 122 p.

- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86 p.
- Figueroa, 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. 159 pp.
- Glenn O. Schwab. Richard K. Frevert. Talcott W. Edminster. Kenneth K. Barnes. 1990. Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas. LIMUSA.
- Hugh-Hammond B. 1974. Elementos de Conservación del Suelo. OLIMPIA.
- Huss, D.L. y Aguirre, E.L. 1979. Fundamentos del manejo de pastizales. Instituto de estudios tecnológicos superiores de monterrey. (ITESM). Monterrey, Nuevo León. México.
- INIFAP. 2008. www.inifap-nortecentro.gob.mx
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, <http://inegi.gob.mx/>
- Ingeniería Medio Ambiental. 1998. Restauración Hidrológico forestal de Cuencas y Control de la Erosión. TRAGSA, TRAGSATEC y Ministerio de Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- INEGI. 2007. Cartas F14A-44, F14A-54, Edafología 1:50 000.
- INEGI. 2007. Cartas F14A-44, F14A-54, Uso del Suelo 1:50 000.
- INEGI. 2007. Cartas F14A-44, F14A-54, Uso 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., 286 p.
- Loredo-Osti C., Beltrán L. J.L. Sarreón T. y M. C. Domínguez. 2005. Prácticas mecánicas para el control de la erosión hídrica. 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 O. C. Editora 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. 187 p.
- 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 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. 209 p.
- Loredo O. C. y S. Beltrán L. 2005. Prácticas agronómicas y vegetativas. In: Loredo O. 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. 187 p.
- Loredo O. C. 2011. Manejo de Cuencas Hidrológicas. Notas de curso. Facultad de Agronomía-UASLP.
- 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.
- Martínez- Noyola E. 2007. Plan rector de la microcuenca Coronado, Venado, en el estado de San Luis Potosí. FIRCO.
- Sánchez V., A., R. M. García N. y A. Palma T. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Serie: Alternativas productivas. México D.F. 47 pág.
- SAGARPA. www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos_excell/01estim-erosion.xls
- SEMARNAT. 2000. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.2_Degradacion/index.shtml
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1986. Inventario de Áreas Erosionadas en México. SARH-DGCSA. México, D.F.
- William X. Hull. 1973. Manual de Conservación de Suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. LIMUSA. Pág. 214.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, USDA Agric. Handbook 537.
- 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.

ANEXOS

Anexo 1. Valores del Factor de Erosionabilidad (K) en función de la unidad de suelo y su textura superficial

Símbolo	Nombre
A	Acrisol
Af	Acrisol férrico
Ag	Acrisol gléyico
Ah	Acrisol húmico
Ao	Acrisol órtico
Ap	Acrisol plíntico
B	Cambisol
B(c, d, e, k)	Cambisol (crómico, dístrico, éutrico, cálcico)
Bf	Cambisol férrico
Bg	Cambisol gléyico
Bh	Cambisol húmico
Bk	Cambisol cálcico
B (v, x)	Cambisol (vértico, xérico)
C (h, k, l)	Chernozem (háplico, cálcico y lúvico)
D (d, g, e)	Podzoluvisol (dístrico, gléyico, éutrico)
E	Rendzina
F(a,h,p,o)	Ferrasol (ácrico, húmico, plíntico, ócrico)
G	Gleysol
Gc	Gleysol calcárico
G (d,e)	Gleysol dístrico éutrico
G (h,m)	Gleysol húmico, mólico
G (p,x)	Gleysol plíntico, gélico
Gv	Gleysol vértico
H(c,g,h,l)	Feozem calcárico gléyico, haplico, lúvico
I	Litosol
J	Fluvisol
Jc	Fluvisol calcárico
Jd	Fluvisol dístrico
Je	Fluvisol éutrico
Jt	Fluvisol tiónico
Jp	Fluvisol plíntico
K (h,k,l)	Fluvisol (húmico, cálcico, lúvico)
L	Luvisol
La	Luvisol álbico
Lc	Luvisol crómico

Símbolo	Nombre
A	Acrisol
Lf	Luvisol férrico
Lg	Luvisol gléyico
Lk	Luvisol cálcico
Lo	Luvisol órtico
Lp	Luvisol plíntico
Lv	Luvisol vértico
M (a,g)	Greysem (ácrico, gléyico)
N (d,e,h)	Nitosol (dístrico, éutrico, húmico)
O (d,e,x)	Histosol (dístrico, éutrico, gélico)
P	Podzol
Pf	Podzol férrico
Pg	Podzol gléyico
Ph	Podzol húmico
Po	Podzol órtico
Pp	Podzol plácico
Q (a,c,f,l)	Arenosol (álbico, cámbico, ferrálico, lúvico)
R	Regosol
Re	Regosol éutrico
Rc	Regosol calcárico
Rd	Regosol dístrico
Rx	Regosol gélico
S	Solonetz
Sg	Solonetz gléyico
Sm	Solonetz mólico
So	Solonetz órtico
T	Andosol
Th	Andosol húmico
Tm	Andosol mólico
To	Andosol ócrico
Tv	Andosol vítrico
U	Ranker
V (c,p)	Vertisol (crómico, pélico)
W	Planosol
Wd	Planosol dístrico
We	Planosol éutrico
Wh	Planosol húmico
Wm	Planosol mólico
Wx	Planosol gélico
X(k,h,l,g)	Xerosol (cálcico, haplico, lúvico, gipsico)
Y(h,k,l,g,t)	Yermosol (haplico, cálcico, lúvico, gípsico, takírico)

Símbolo	Nombre
A	Acrisol
Z	Solonchak
Zg	Solonchak gléyico
Zm	Solonchak mólico
Zo	Solonchak órtico
Zt	Solonchak takírigo

Fuente: Loredo, *et. al.*, 2007

