

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCION DE POSGRADO**



**IMPORTANCIA DE LAS GEOFORMAS EN LA
VEGETACIÓN DE LA ISLA MONSERRAT, BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

POR:

M. en C. Víctor Ortiz Ávila

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN PRODUCCION AGROPECUARIA**

Torreón, Coahuila. México

Octubre de 2013

**IMPORTANCIA DE LAS GEOFORMAS EN LA VEGETACIÓN DE LA ISLA
MONSERRAT, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

TESIS

VICTOR ORTIZ AVILA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:

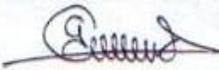
DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGROPECUARIA

Comité particular de asesoría:

Director


Dr. Miguel Ángel Meilado Bosque

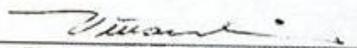
Asesor


Dr. Gustavo Arnaud Franco

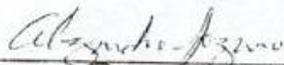
Asesor

Eduardo Estrada C.
Dr. Eduardo Estrada Castellón

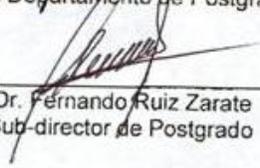
Asesor


Dr. José Ángel Villareal Quintanilla

Asesor


Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado U. L.


Dr. Fernando Ruiz Zarate
Sub-director de Postgrado

Torreón, Coahuila, México.

Octubre de 2013

AGRADECIMIENTOS

A todos los que hicieron posible El inicio, el seguimiento y la culminación del presente trabajo. Gracias.

Gracias, Dr. Gustavo Arnaud por su apoyo, amistad y enseñanzas.

Gracias, Dr. Eduardo Estrada por su amistad, enseñanzas, por ayudarme en esos momentos difíciles.

Gracias, Dr. Eloy Alejandro Lozano por su amistad, apoyo y compartir otros proyectos.

Gracias, Dr. Miguel Angel Mellado por su amistad, apoyo y darle seguimiento y dirección al presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Saltillo por hacer posible la culminación del presente estudio.

A la UAAAN unidad Laguna, Torreón, en especial al Dr. Francisco G. Véliz y Aurelia Najera por el apoyo y buena disposición en los trámites y recomendaciones.

A Eduardo Estrada y Carmen Yen por su bella amistad, su amena y gran hospitalidad, por esos momentos de charlas, por su apoyo incondicional y viajes por el estado de Nuevo León.

A Feliciano Heredia, Lorena Rodriguez, Andrea y Carla, por su calurosa y sincera amistad, por su hospitalidad y compartir buenos momentos en su hogar.

A La familia Arnaud Garza (Gustavo, Lupita, Ivan, Alejandro y Daniel), por su amistad, por su apoyo en esos momentos difíciles, por esos momentos de risa, reflexión y bromas.

A Alejandro Lozano y familia por su hospitalidad y amistad.

A mis amigos de La Paz: Enrique López, Ricardo Amador, Alejandro Gloria, Javier Geraldo, Carlos Alberto y a toda la plebada.

A mis amigos de Puebla, Ensenada, Tijuana, Mexicali, Saltillo, Linares, Monterrey, Los Cabos, Guasave, Culiacan y Mazatlan, quienes son parte de esta gran aventura.

DEDICATORIAS

El presente trabajo lo dedico a mis tres guardianes de luz, se que ellas me cuidan, me guían y corrigen el mal andar..., con todo mi corazón y respeto a ustedes mis tres bellos ángeles.

Sandra Edith Ortiz Ávila

Rosa Emelia Ávila Flores

Esperanza Michel Guerrero

A mis padres por su apoyo, comprensión y por creer en mí, gracias.

Víctor Manuel Ortiz Cerezo

Edith Ávila Flores

A mis hermanos, sus esposas e hijos por su apoyo, comunicación y animarme en los malos momentos, gracias.

Paulo Cesar Ortiz Ávila, Lupita Rodríguez y Paulo Alejandro

Marco Antonio Ortiz Ávila, Liliana Portela y Dilan

A mis dos motivos para vivir, a mis dos sentidos para respirar, a mis dos pequeños para cuidar y guiar.

Andrea Edith Domínguez Ortiz

Alberto Abraham Domínguez Ortiz

A mi otra familia, gracias por adoptarme, acompañarme en las buenas y en las
malas y aguantar mis altas y bajas.

Guillermo Romero Figueroa, Karina del Carmen Urias Fuentes y mi princesa
Karina Joselyne.

A ti... Lobizón donde quiera que estés

A ti... Sandy[†]

COMPENDIO

Con base en las geoformas presentes en la isla Monserrat (laderas, mesetas, terrazas marinas, cañadas, arroyos y playas), se identificó la distribución y abundancia de la flora presente. Para ello se establecieron 66 transectos de muestreo, registrando un total de 114 especies, pertenecientes a 92 géneros y 38 familias, incluidas en seis formas de crecimiento. Un total de 69 especies presentaron alguna categoría especial, 34 de ellas fueron endémicas y solo dos formaron parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que 12 están incluidas en los listados del CITES, 11 de las cuales son cactáceas. Las cañadas fueron las geoformas donde se obtuvieron los mayores Índices de Valor de Importancia, Shannon-Wiener, H' , IVI, y donde además se desarrollan especies únicas, con formas de crecimiento principalmente arbóreo. En contraste, las terrazas marinas presentan una comunidad de matorral xerófilo poco desarrollada. Las cañadas son las áreas de mayor afectación antrópica y fueron consideradas como sitios críticos.

**IMPORTANCIA DE LAS GEOFORMAS EN LA VEGETACIÓN DE LA ISLA
MONSERRAT, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

ÍNDICE DE TEMAS	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
Historia del golfo de California.....	5
Geomorfología.....	6
El relieve como parte integral del paisaje.....	7
Conceptos de formas del relieve y sus elementos.....	12
Índices del relieve.....	14
Edad del relieve.....	16
Factores formadores del relieve.....	17
1. Litológicos.....	18
La composición de las rocas y su papel en la formación del relieve...	18
2. Estructurales.....	21
El relieve y la estructura geológica.....	21
3. Climáticos.....	22
Clima y relieve.....	22
4. Tectonismo y relieve.....	25
Procesos endogenéticos.....	25
1. Tectonismo.....	26
Las dislocaciones plicativas y su manifestación en el relieve.....	27

Formas de relieve en estructuras plegadas.....	29
Las dislocaciones disyuntivas y su manifestación en el relieve.....	33
Los movimientos verticales oscilatorios y el relieve.....	35
2. El magmatismo.....	36
3. Los sismos.....	38
Efectos de los sismos y su manifestación en el relieve.....	40
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	43
OBJETIVOS.....	44
Objetivo General.....	44
Objetivos particulares.....	44
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	45
MÉTODOS y MATERIALES.....	46
Zona de estudio.....	46
Isla Monserrat.....	49
Trabajo de campo.....	53
Análisis en tres niveles.....	55
I. Análisis geológico.....	55
II. Análisis de la vegetación.....	56
III. Análisis ambiental y climático.....	57
RESULTADOS.....	59
Geología y geoformas de la isla Monserrat.....	59
Descripción de la flora de la isla Monserrat.....	59

Vegetación de los transectos de estudio.....	64
Cañadas y otras geoformas.....	70
Estatus de las especies de plantas.....	77
Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica.....	79
Análisis de Conglomerados (Cluster analysis).....	86
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
RESUMEN.....	91
ABSTRAC.....	92
LITERATURA CITADA.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁGINA
Figura 1. Relieve y esfera del paisaje (según Kugler, en Demek)....	11
Figura 2.....	30
Figura 3.....	31
Figura 4.	32
Figura 5 a y b.....	37
Figura 6. Ubicación del Parque Nacional Bahía de Loreto (polígono en gris), en el Municipio de Loreto. B. C. S. México. El polígono que está arriba de la isla Monserrat, corresponde a la zona de crianza de diversas especies de peces, es una zona restringida a todo tipo de actividades humanas (pesca, buceo, etc.).....	46
Figura 7. Ubicación de la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, en el Municipio de Loreto. B. C. S., México.....	51
Figura 8. Recorridos realizados en la isla Monserrat de 2003 a 2005 (líneas amarillas), en donde se establecieron los transectos de vegetación (cuadros amarillos); los cuadros establecen los sitios en donde fueron colocados los sensores climatológicos para el registro de la precipitación (estación climática en cuadro azul) temperatura y humedad (sensores HOBBO en cuadro negro).....	54
Figura 9. Diagrama de los componentes del estudio de flora de La Isla Monserrat, Parque Nacional Bahía de Loreto; Loreto, B. C. S.,	

México.....	58
Figura 10. Especies vegetales más abundantes en la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver anexo I). Los valores reportados corresponden a una superficie muestreada de 13,200 m ²	66
Figura 11. Comparación de los índices de valor de importancia de las especies vegetales registradas en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de la isla Monserrat, B.C.S., México (25°40'60" N y 111°3'0" E (Para las claves de las plantas ver anexo I).....	75
Figura 12. Comparación de los promedios de altura (cm) de las especies vegetales en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de las especies vegetales de la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver anexo I).....	75
Figura 13. Comparación de los promedios de cobertura vegetal (cm ²) de las especies vegetales en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de la isla Monserrat, B.C.S., México. (Para las claves ver Anexo I).....	76
Figura 14. Análisis de correspondencia canónica con las especies vegetales (IVI) y las variables ambientales más significativas en 66 transectos de vegetación de la isla Monserrat, B.C.S., México (Para identificar las claves de las especies vegetales ver el Anexo	

l).	84
Figura 15. Gráfica de conglomerados para 16 variables ambientales y 66 transectos de vegetación de isla Monserrat. B. C. S. México.....	88

ÍNDICE DE TABLAS Y ANEXOS	PÁGINA
Cuadro 1. Resumen de taxones de un año (2002) de estudio en las islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, B. C. S., México.....	48
Cuadro 2. Familias de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.....	60
Cuadro 3. Géneros de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.....	61
Cuadro 4. Formas de crecimiento de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.	62
Cuadro 5. Especies vegetales con alguna Categoría Especial de Conservación presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.....	62
Cuadro 6. Especies de plantas registradas en los transectos de estudio en una superficie de 13,200 m ² en la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver Anexo I).....	67
Cuadro 7. Índices estadísticos de las especies registradas entre cañadas y otras geoformas, isla Monserrat, B. C. S., México.....	70
Cuadro 8. Comparación del número de individuos, promedios e índice de valor de importancia (IVI) de las especies registradas en las diversas geoformas de la isla Monserrat, B.C.S., México.....	72
Cuadro 9. Resultados de la prueba de correspondencia canónica,	

varianza acumulada y permutación de Monte Carlo de las variables bióticas de las especies vegetales (Índice de Valor de Importancia); las variables ambientales (16) y 66 transectos de vegetación, registrados para la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B. C. S, México.....	80
Cuadro 10. Resultados de la correlación entre las variables ambientales registradas en la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S., México.....	81
Cuadro 11. Resultados de la prueba de Correspondencia Canónica, Varianza Acumulada y Permutación de Monte Carlo de las variables bióticas de las especies vegetales (Índice de Valor de Importancia > 3.5); las variables ambientales (4) y 66 transectos de vegetación de la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S., México.....	85
Cuadro 12. Resultados de la correlación entre las variables ambientales (4) con valores en sus vectores significativos, de la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S, México.....	85
Cuadro 13. Grupos y los transectos de vegetación que se realizaron en isla Monserrat, B. C. S. México.....	87
Anexo I. Listado Florístico.....	102
Anexo II. Mapas isla Monserrat.....	112

INTRODUCCIÓN

La isla Monserrat forma parte de las cinco islas pertenecientes al Parque Nacional Bahía de Loreto (P. N. B. L.), en el municipio de Loreto, la cual, a su vez, forma parte de la Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y Fauna Silvestre. Lo anterior por la presencia de numerosos recursos bióticos, lo que da lugar a una gran diversidad y abundancia de especies, principalmente de flora, donde varias plantas son endémicas (SEMARNAP, 1999). Estudios de Shreve y Wiggins (1964), Wiggins (1980) y Case *et al.* (2002), importantes por el registro, descripción, fenología y claves dicotómicas de la flora del desierto Sonorense y de Baja California, hacen referencia a esta isla; sin embargo, no se hace mención de la distribución y estatus de la vegetación en la mencionada isla. Existe entonces un vacío de información en torno a su flora, dado que aún se desconocen los atributos de las distintas comunidades vegetales que se desarrollan en ella.

A pesar de sus características desérticas, escasez de agua y no estar habitada por seres humanos, la isla Monserrat presenta diversas amenazas, debido al incremento de la actividad turística, ya que el P. N. B. L., recibe aproximadamente 250,000 visitantes (ecoturistas) al año y se prevé, a corto plazo, un incremento de visitantes, lo cual causará un mayor impacto ecológico en el área. Entre las actividades antropogénicas que afectan el ecosistema de la isla se encuentra la alteración de la vegetación por la obtención de leña, introducción de especies exóticas (flora y fauna), uso de áreas para campismo y desplazamientos, lo cual origina la formación de senderos y compactación de

suelos. Lo anterior resulta en modificaciones en el suelo (erosión), así como extracción de frutos y semillas de la flora nativa. Se desconoce el impacto que han ocasionado estos factores en las comunidades vegetales presentes en esta isla.

En la isla Monserrat se han llevado a cabo diversos estudios; la flora se ha caracterizado desde el punto de vista descriptivo y taxonómico, sin tomar en cuenta su abundancia, diversidad y distribución, menos aún, la relación que ésta presenta con su medio abiótico, en especial con la topografía de la isla, la cual es muy particular. Lo anterior como resultado de diversos procesos geológicos y climáticos que se han presentado durante miles de años, dando como resultado la presencia de microambientes que determinan, a su vez, las características de la vegetación que se desarrolla en cada una de ellas, siendo que el clima de la región es cálido, seco y muy extremo. Estas zonas con ambientes muy particulares se denominan geoformas. Hernández (2004) define a una geoforma con base en tres aspectos: estructurales, dinámicas y climáticas. Son ejemplos de geoformas: una cañada, una meseta o una playa.

El objetivo de este estudio fue: determinar el efecto de las geoformas en la diversidad, abundancia y distribución de las comunidades vegetales que se desarrollan en la isla Monserrat, y con base en esta información, establecer áreas con patrones medioambientales específicos, que se puedan considerar como críticos para la conservación de los ecosistemas de la isla.

REVISION DE LITERATURA

Los ecosistemas insulares presentan características importantes que determinan su elevado valor de conservación, en gran medida, debido al aislamiento geográfico, lo que favorece que la biodiversidad se encuentre genéticamente aislada (Salm y Clark, 1994; Donlan and Wilcox, 2008). Este aislamiento ha provocado un alto grado de endemismo de plantas y animales. Por lo anterior, las islas se consideran ecosistemas frágiles prioritarios y áreas críticas en términos de conservación (Forman y Alexander 1998; Forman et al., 2002).

Las áreas insulares (islas, islotes y rocas) del Golfo de California, cuyo número asciende a 922, representan el 50% del territorio insular de México y forman parte de la Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y de la Fauna Silvestre decretada en 1978. El Golfo de California, en todo su contexto (marino y terrestre) constituye una área prioritaria para la conservación de la biodiversidad (Arriaga et al., 2000), debido al alto número de endemismos, la presencia de aves migratorias y de especies de importancia económica y ecológica, así como la existencia de especies incluidas en la NOM. Así mismo, es el hábitat de numerosas especies de plantas y animales, siendo considerado como uno de los ecosistemas insulares ecológicamente menos perturbado del mundo (SEMARNAP, 1999).

En este contexto, en julio de 1996 se decretó el Parque Nacional Bahía de Loreto ubicado frente al municipio del mismo nombre, con una superficie de 206,580.75 ha de ambientes marinos y terrestres, con el objetivo de balancear

las necesidades de la población de Loreto, con la protección y sustentabilidad de los recursos biológicos que se encuentran dentro de sus fronteras. Esta Área Natural Protegida recibe aproximadamente 250,000 visitantes al año y se prevé a corto plazo, un incremento de visitantes, lo cual causará un mayor impacto negativo en la estabilidad del ecosistema en el área. Presenta un elevado endemismo de especies terrestres de fauna y flora que habitan las islas, las que pueden considerarse como una importante reserva de germoplasma.

Existen cinco islas en el Parque Nacional Bahía de Loreto, las cuales, a pesar de sus características desérticas, y no estar habitadas por humanos, presentan amenazas, debido al incremento de la actividad humana en ellas y de sus aguas circundantes, desconociéndose el impacto que han ocasionado estos factores en las comunidades vegetales presentes en estas islas.

El asentamiento humano se ubica en la zona de influencia del Parque, que corresponde a la línea de costa del estado, principalmente en las siguientes localidades: El Juncalito, Liguí, Ensenada Blanca, San Nicolás y Agua Verde, sitios en donde se practica la pesca artesanal.

El conocimiento e identificación de los recursos más vulnerables presentes en estas islas, así como de las relaciones que guardan con su medio: clima y topografía (geoformas), es necesario para permitir la continuación de los procesos biológicos y evolutivos en las islas bajo condiciones de mínima interferencia humana posible, a fin de realizar un mejor manejo de conservación del área, de tal manera que incida directamente en su conservación biológica, así como del paisaje, para el disfrute, esparcimiento y elevación de la calidad de

vida de los habitantes y visitantes del parque, y en particular de las islas que conforman el parque natural.

De los estudios que han abordado la flora del Golfo de California, destacan los referentes a aspectos taxonómicos y descriptivos, resultando en obras de gran valor, las cuales proporcionan listados florísticos y descripción de las comunidades vegetales (Vasey y Rose, 1890; Rose, 1892; Mailliard, 1923; Johnston, 1924; Gentry, 1949; González-Cortéz, 1962; Lindsay, 1966). Cody et al. (1983) y Moran (1983) realizaron un estudio de la mayor parte de las islas del golfo, en donde se incluyó un listado florístico. Obras como la de Shreve y Wiggins (1964), Wiggins (1980), Junak y Philbrick (1994, 2000) y Peinado et al., (2005) son importantes por su registro, descripción, fenología y claves dicotómicas de la flora del desierto Sonorense y de Baja California, hacen referencia a las islas, siendo su mención muy general. Sin embargo, los listados de las especies de estas islas están incompletos.

Historia del golfo de California

La mayoría de las islas del golfo de California que se localizan cercanas a las costas del lado occidental, son remanentes geológicos producto de la separación de la península de Baja California del continente, mientras que algunas otras se originaron por eventos volcánicos (Hernández, 1989). De las islas que componen el Parque Nacional Bahía de Loreto, cada una de ellas presenta un origen geológico y una geomorfología muy particular.

El mar de Cortés, conocido como el golfo de California, es un cuerpo de agua que divide la península de Baja California del resto de macizo de México, se extiende en dirección noroeste a sureste en una longitud de 1070 km variando de ancho entre los 100 y 200 km. En el lado oeste del golfo existen diversas islas, de las cuales, La isla Ángel de la Guarda es la más grande, con 67 km de largo, 16 de ancho y 1315 de alto. Muchas de estas islas se originaron durante la separación de la península del resto del macizo de México, en un proceso continuo que empezó hace aproximadamente 4 millones de años; otras son el resultado de procesos volcánicos (Lindsay y Engstrand, 2002).

El aislamiento de los organismos que colonizaron o se establecieron previamente en las islas del mar de Cortés provee una oportunidad para estudiar los cambios genéticos y ecológicos, en una plástica y rápida evolución de la familia de las plantas. Las cactáceas constituyen cerca de la mitad de las 120 especies registradas en las islas y son endémicas; similarmente, el aislamiento de las poblaciones de la península están bien diferenciadas, debido al clima de las montañas. Debido a la diversidad topográfica de la zona y sus efectos en la disrupción e integración de poblaciones, el mar de Cortés y sus islas pueden ser llamados como un laboratorio natural para la investigación de la especiación.

Geomorfología

La Geomorfología, vocablo compuesto por tres raíces griegas (*geo* = tierra, *morfos* = forma, *logos* = tratado o discusión), se ocupa del estudio de las

irregularidades de la superficie terrestre. Este término fue utilizado por vez primera a finales del siglo XIX (McGee, 1888 y Keith 1894); sin embargo, su uso se generalizó hasta los años treinta del siglo XX (Seco, 2004).

De modo más completo, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre, tanto subaéreo como submarino, su configuración, estructura, origen, edad, su dinámica actual y la historia de su desarrollo, la relación entre las distintas formas del relieve y entre éstas y los demás componentes naturales y el hombre.

En la anterior definición se utiliza el término estructura en su acepción geomorfológica (Twidale, 1968), como el conjunto de características de la corteza terrestre que influyen en el desarrollo de las formas del relieve, tales como: la composición mineralógica, la estructura y textura de las rocas, la estratificación, el agrietamiento y tipo de dislocación que pudieran poseer las rocas.

El relieve como parte integral del paisaje

El objeto de estudio de la geomorfología es el relieve terrestre, entendido éste como el conjunto de irregularidades de la superficie terrestre.

El planeta tierra se divide en siete capas que interactúan entre sí (Fairbridge, 1968). Estas “envolturas” son:

1. Interior. Son las partes más profundas de la tierra, sometidas a grandes presiones y altas temperaturas y lo forman el manto y el núcleo.

2. Corteza. Es la envoltura que posee un espesor de 30-50 km bajo los continentes, 10 a 12 km en las zonas marginales y 5 km o menos bajo los océanos.
3. Pedósfera. Es la envoltura que cubre la mayor parte del área seca de la corteza; tiene un espesor promedio de 1 a 2 m y es discontinua, pues se encuentra ausente en algunas áreas emergidas donde afloran las rocas, así como del océano y mares.
4. Superficie. Constituye la “epidermis” de la tierra; se extiende sobre los continentes y bajo los océanos y mares.
5. Criósfera. Son los hielos que cubren la superficie emergida en las zonas polares y sobre la línea de las nieves en las montañas; ocupan el 10 % de las tierras emergidas, unos 15 millones de km².
6. Hidrósfera. Son las masas de agua que cubren cerca del 70 % de la superficie terrestre.
7. Atmósfera. Es la envoltura gaseosa en contacto con el 26 % de la superficie terrestre.

A estas siete envolturas debe añadirse una más, la biosfera o esfera donde se desarrolla la vida y cuyo espesor está determinado por los límites a que puede llegar la vida animal y vegetal. En cuanto al límite inferior se ha reportado la presencia de bacterias a 3 km de profundidad en la corteza terrestre y hasta 10 km de profundidad en las fosas oceánicas; sin embargo, la mayor concentración de organismos vivos ocurre en una capa cercana a la superficie terrestre

emergida, entre los 100 m sobre ella y los 10 m de profundidad en el subsuelo, así como en los primeros 100 m de las aguas oceánicas.

La geomorfología se encarga del estudio de la cuarta de estas envolturas (superficie), donde se desarrolla el relieve.

La superficie es una envoltura de contacto de diferentes envolturas terrestres, que recibe la influencia de los procesos que se desarrollan en éstas, lo cual permite comprender la compleja situación del objeto de estudio de la ciencia geomorfológica. En la superficie se presenta la interacción entre los procesos endógenos, generados en las esferas 1 y 2 y los procesos exógenos, que actúan desde las esferas 3, 5, 6, 7 y 8; dicha interacción da lugar a las formas del relieve. Es en la superficie donde el hombre desarrolla su máxima actividad económica y social; en ésta se produce un intercambio de energía y una interacción recíproca compleja entre las distintas esferas, que afectan y son afectadas por la misma. De lo anterior se desprende que, para alcanzar el conocimiento del relieve terrestre y de los procesos que lo originan, se requiere de la consideración de los fenómenos y los procesos que surgen y se desarrollan en otras envolturas.

Al estudiar el relieve actual de la isla, se aprecia su gran variabilidad en el espacio, cambia de un lugar a otro dependiendo de la distribución espacial de los procesos que la originan: los procesos endógenos y los exógenos. El conjunto de procesos geomórficos o procesos formadores del relieve, cambian en el tiempo y en el espacio.

El relieve terrestre recibe la influencia de los demás componentes físico-geográficos, aunque son dos de éstos los que con más fuerza lo influyen: el componente geológico y el climático. El primero mediante la composición litológica y la estructura geológica, mientras que el clima, además de la influencia directa que ejerce al determinar el sistema morfogenético (conjunto de sistemas exógenos que actúan sobre el relieve en un lugar del planeta), también determina la existencia y el tipo de otros controladores del relieve; cubierta del suelos, cubierta vegetal, permafrost, etc. Otros componentes físico-geográficos tienen menor influencia sobre el relieve, tal es el caso de las aguas superficiales y subterráneas, los suelos y la vegetación; la influencia de los animales es mucho menor, aunque no siempre insignificante.

Lo expuesto anteriormente sobre el relieve como parte integrante del paisaje, reafirma la idea de que el relieve no puede estudiarse aisladamente de los componentes restantes del paisaje. El conocimiento científico requiere de un enfoque complejo, sistémico, holístico, que tenga en cuenta la estrecha relación entre el relieve y los demás componentes de la parte natural del paisaje. De igual forma, ningún estudio de la parte natural del paisaje o de algunos de sus otros componentes (edafológicos, hidrológicos, geológicos, etc.) puede soslayar el análisis del relieve. Pero también, el relieve influye sobre las actividades humanas que se desarrollan en el paisaje (esfera socioeconómica) y es por ello que el mismo es también objeto de estudio del urbanismo, de la planificación física y de otras ramas de la actividad humana (agricultura, silvicultura, transporte, turismo, ingeniería y hasta actividad militar) (Figura 1).

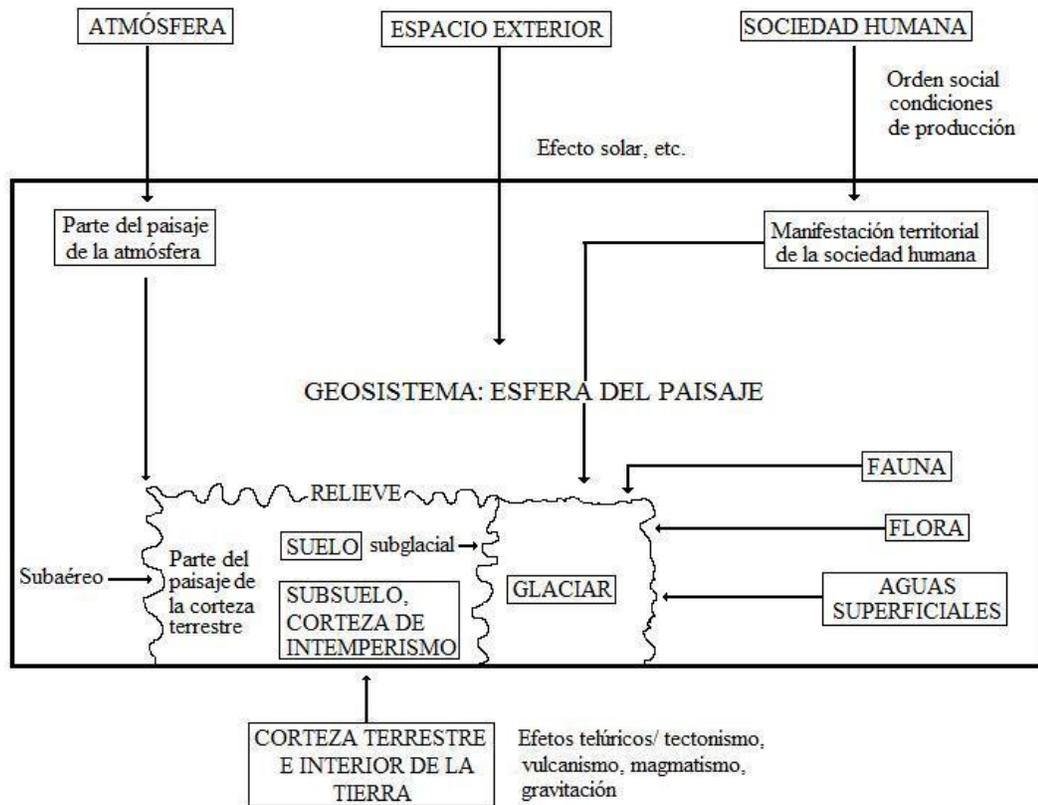


Figura 1. Relieve y esfera del paisaje (según Kugler, en Demek, 1978).

Una geofoma (unidad topográfica o geomórfica) se puede definir como un relieve terrestre, que presenta diferentes características estructurales (fundamentos litológicos y tectónicos), dinámicas (erosión e intemperismo) y climáticas (lluvia, temperatura, humedad, etc.) muy particulares, que en conjunto han creado diversas formas y tamaños. El clima de la zona de estudio es cálido, seco y muy extremo, aunque cada una de las islas presenta variaciones climáticas locales, que se originan por las características

geográficas y topográficas, lo que da lugar a microclimas que determinan, a su vez, las características de la vegetación que se desarrolla en cada una de ellas (Hernández, 2004).

Geomorfología estructural. Es la rama de la geomorfología que estudia la relación entre las formas del relieve y los aspectos estructurales y tectónicos de la corteza terrestre; como influyen los diversos tipos de rocas y su estructura geológica en la morfología del relieve y el papel de los movimientos tectónicos en las diferencias del relieve terrestre.

Conceptos de formas del relieve y sus elementos

La superficie terrestre está conformada por una sucesión de irregularidades, depresiones y elevaciones, de magnitudes variables, denominadas formas del relieve. Cada forma del relieve es un cuerpo geométrico, limitado por elementos, que están divididos en tres categorías:

- **Areales:** son sectores de la superficie terrestre, que cuando tiene una inclinación de más de 2° se denominan laderas, y cuando tiene menos de 2° de inclinación se llaman superficies subhorizontales.
- **Lineales:** son líneas identificables en la superficie terrestre entre las que se encuentran las líneas de Talwed del alemán *tal:* valle, *weg:* camino) o vaguadas y líneas de ruptura de pendiente.
- **Puntuales:** Son puntos que pueden identificarse en la superficie terrestre en los cuales convergen o divergen los elementos areales y lineales. Son

elementos puntuales del relieve las cimas y las simas, puntos de cota máxima y mínima de un territorio, respectivamente.

Las formas del relieve presentan una gran diversidad en cuanto a su tamaño, lo que ha conducido a la elaboración de clasificaciones del relieve basadas en la magnitud, como las que muestra Leontiev (1979) en la que se distinguen seis categorías de formas de relieve, cada una de las cuales contiene al relieve que le sigue, en orden decreciente de tamaño.

Formas planetarias del relieve: son formas cuya área llega a las decenas y cientos de millones de km^2 . Aquí se incluyen las plataformas continentales, las plataformas oceánicas, las fajas geosinclinales o zonas de transición y las dorsales o cordilleras medio-oceánicas.

- Megaformas: abarcan decenas a cientos de miles de km^2 . Ellas se localizan dentro de los límites de la categoría anterior, de la que forman parte; ejemplo, son las grandes cadenas montañosas como los Alpes, Himalayas, Andes; la cuenca del Golfo de México.
- Macroformas: alcanzan áreas de cientos a miles de km^2 . Ejemplos de éstas son las sierras que componen las cadenas montañosas, las fosas submarinas, o las grandes llanuras.
- Mesoformas: son formas que ocupan áreas de decenas de km^2 . Es el caso de las poljas y las montañas aisladas.
- Microformas: formas del relieve que no sobrepasan los pocos km^2 , tal es el caso de las dolinas, las dunas y las cárcavas.

- Nanoformas: las formas enanas del relieve, que no pasan de 1 km², como el lapies y las rizaduras del oleaje o ripple-mark.

Índices del relieve

La diversidad del relieve no se limita a sus dimensiones, existen otros aspectos del relieve que son también variables y que permiten distinguir a una forma del relieve de otra, que permiten identificarlas y clasificarlas, estos son los índices del relieve o índices geomorfológicos.

Estos son:

1. *Morfología*: consiste en la descripción del relieve. La descripción de las formas planetarias, megaformas y microformas; se realiza mediante materiales generales (mapas, fotos e imágenes espaciales o áreas informes, etc.), las descripciones menores se realizan en campo directamente.

La morfología incluye los siguientes aspectos:

- Aspecto exterior de las formas del relieve, su forma en planta y sección.
- Dimensiones de la forma: ancho, longitud, altura absoluta y relativa.
- Elementos que componen la forma: forma e inclinación de las laderas, carácter de parteaguas, etc.
- Características de los límites: si son definidos o no, si son graduales o bruscos.
- Rocas que constituyen la forma del relieve.
- Existencia de dislocaciones y sus características.

2. *Morfometría*: consiste en la elaboración de datos lineales o ariales, aspectos del relieve que dan como resultado expresiones cuantitativas de uno o de varios parámetros para un área determinada. La morfometría se ocupa del análisis del relieve mediante la expresión cuantitativa de determinados aspectos del relieve o de procesos que actúan sobre él. En sus inicios, el análisis morfométrico se sustentó en la extracción de información de los mapas topográficos, aunque en la actualidad cada vez son más usados la teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos digitales de elevación para la realización de estos análisis.
3. *Génesis del relieve*: un aspecto principal en la geomorfología es la concepción del relieve como resultado de la acción mutua entre los procesos endógenos y exógenos.

Aunque es cierto que en el origen del relieve la endogénesis y la exogénesis interaccionan, también es cierto que la génesis de cada forma del relieve está determinada por el predominio de un proceso geomorfológico sobre otro, es decir, que aunque sobre la superficie actúa un conjunto o complejo de procesos, uno de ellos es el que predomina y deja impresa en el relieve su huella; esto es precisamente lo que permitió relacionar las formas del relieve con los procesos geomorfológicos y pasar de las clasificaciones morfológicas a las clasificaciones genéticas del relieve.

Gerasimov (1946) presenta una clasificación con un enfoque genético, en el cual distingue tres tipos genéticos principales de formas de relieve:

1. *Elementos de geotectura*. Comprende las mayores formas del relieve (macizos montañosos, cuencas oceánicas, etc.) cuya formación está relacionada con la manifestación de procesos que actúan a escala planetaria.
2. *Morfoestructuras*. Son las formas del relieve en cuyo origen la actividad de los procesos endogénicos ha sido predominante; por lo general son formas extensas (sistemas montañosos, mesetas, cuencas, intramontañas, etc.), pero también existen morfoestructuras relativamente pequeñas (alturas anticlinales y escarpe de fallas pequeñas).
3. *morfoesculturas*: son las formas del relieve que se desarrollan como resultado de la acción de los agentes exógenos (dunas, cárcavas, dolinas, entre otras).

Edad del relieve

En geomorfología existen dos formas de expresar la edad del relieve:

- La edad absoluta. Expresa la edad de las formas del relieve en años, a partir de la datación de los sedimentos que las componen, por lo que sólo es posible determinar la edad absoluta de las formas del relieve producida por la acumulación de sedimentos, es decir, las formas acumulativas. Para determinar la edad de los sedimentos se utilizan métodos desarrollados por la geología, los métodos paleontológicos y radioactivos; otros métodos son los de palinología y el de termoluminiscencia.

- La edad relativa. Se refiere al tiempo de formación de unas formas o elementos del relieve en relación a otros y se puede establecer mediante el análisis de las características morfológicas.
1. Una superficie denudativa (que se separa de otra) de pendiente suave es más antigua que las laderas que la bordean y que las formas erosivas que la cortan.
 2. Una superficie acumulativa es más antigua que las laderas que cortan los depósitos que componen dicha superficie.
 3. De dos superficies acumulativas, situadas a distintas alturas y separadas por un escarpe denudativo, la inferior es más joven, salvo que haya sido desplazadas por movimientos tectónicos; así, de una serie de terrazas fluviales o marinas, las más altas serán las más antiguas que las situadas bajo ellas.
 4. Las superficies de igual altura deben ser de igual edad (siempre que su emplazamiento no se deba a la tectónica).

Factores formadores del relieve

El origen y evolución del relieve están influidos por un conjunto de factores, que no siempre tienen igual importancia relativa; en ocasiones algunos prevalecen sobre otros y ese dominio de alguno de los factores varía en cada tipo de relieve; además, cada factor no es homogéneo ni en tiempo ni en espacio. Todo lo anterior explica el porqué de la diferenciación del relieve terrestre.

Los factores formadores del relieve son:

- Litológicos.
- Estructurales.
- Climáticos.
- Tectónicos.

Los dos primeros se denominan factores pasivos, a diferencia de los tectónicos y los climáticos, que por ser causantes de la actividad de los causantes de la actividad de los agentes endógenos y exógenos, reciben el nombre de factores activos.

Cada uno de estos factores es determinante en la formación del relieve terrestre y el conocimiento del papel que desempeñan dichos factores es esencial para la geomorfología.

1. Litológicos

La composición de las rocas y su papel en la formación del relieve

La corteza terrestre está formada por rocas de diferente génesis (ígneas, sedimentarias y metamórficas) y composición mineralógica, que al aflorar a la superficie muestran un comportamiento distinto frente a la acción de los agentes exógenos. Esta diferenciación en cuanto a la respuesta de las diferentes rocas al modelado, se refleja en mayor o menor medida en el relieve, así por ejemplo, las rocas más recientes a la exogénesis contrastan con las menos resistentes como resultado de la erosión diferencial.

La intensidad de la destrucción de las rocas por los agentes exogenéticos depende de dos aspectos principales:

- Las propiedades físicas y químicas de las rocas.
- Las condiciones físico-geográficas en que se encuentran las rocas.

Las propiedades físicas y químicas de las rocas determinan la efectividad de los procesos exogenéticos en lo referente a la destrucción de dichas rocas, propiedades tales como: la composición mineralógica, la permeabilidad, la capacidad de la conducción del calor y la presencia de estructuras menores, tienen un papel determinante en la intensidad destructiva de la exogénesis.

- Composición mineralógica. Las rocas pueden estar compuestas por un solo mineral (rocas monominerales) o por más de un mineral (poliminerales). Este hecho tiene gran importancia para la resistencia de las rocas ante, por ejemplo, el intemperismo térmico, una roca monomineral, como la cuarcita, es menos vulnerable al intemperismo térmico que el granito (polimineral). La composición mineralógica determina también el color de las rocas; las rocas ígneas ácidas y mesosilíceas tienen colores claros, mientras que las básicas y ultrabásicas son oscuras, por lo que absorben más el calor solar que las primeras y son menos resistentes ante el intemperismo térmico.
- Permeabilidad. Determina el grado de penetración de las aguas meteóricas en las rocas y por lo tanto controla:
 1. La acción química del agua en el interior de las rocas, si se trata de una roca compuesta por minerales solubles, una alta permeabilidad determinará una mayor disolución de la roca.

2. La proporción de agua que al no infiltrarse, escurre sobre la superficie y realiza la erosión. Las rocas permeables son menos propensas al desarrollo de formas erosivas del relieve, mientras que las rocas impermeables, como las lutitas y argilitas, son propensas al surgimiento de cárcavas y otras formas erosivas lineales.

- Capacidad de conducción del calor. Los minerales tiene diferente capacidad de conducción de calor, lo cual influye decisivamente en la intensidad del intemperismo térmico, mientras menor sea la capacidad de conducción calorífica de los minerales, mayor será la diferencia de temperatura entre la superficie de la roca y su interior y mayor serán las tensiones internas resultantes, lo cual provoca un mayor agrietamiento de dicha roca.

- Estructuras menores. La presencia de poros, grietas y planos de estratificación, facilita la penetración de las agentes del intemperismo, de ahí que, mientras existan una mayor cantidad, mayor será su debilidad ante los procesos que la atacan en su interior.

Estas y otras propiedades determinan la estabilidad de las rocas frente a la actividad de los procesos exogénicos. El conjunto de propiedades físicas y químicas determina que las rocas más resistentes constituyan, como regla, las formas positivas del relieve y las menos resistentes constituyan las depresiones o formas negativas del relieve. Esto no puede cumplirse como consecuencia del tectonismo. En efecto, puede ocurrir que las rocas débiles ocupen posiciones hipsométricas superiores a las que ocupan rocas resistentes, lo cual constituye una evidencia de que los movimientos tectónicos han elevado esas rocas

débiles para situarlas en posiciones más altas que las que ocupan las más resistentes.

Las condiciones físico-geográficas en que se encuentran las rocas, en especial las climáticas, determinan el tipo de intensidad de los procesos exogénicos, encargados de la destrucción de las rocas. Las condiciones físico-geográficas determinan el aporte de aguas meteóricas, que darán origen al escurrimiento superficial y a la erosión; el régimen de vientos y la actividad de los procesos eólicos; el tipo y grado de la cobertura vegetal, que influye a su vez en el modelado del relieve; el régimen térmico y de humedad que rige la actividad de los procesos del intemperismo, etc.

2. Estructurales

El relieve y la estructura geológica

El relieve tiene una gran relación con la estructura geológica, lo que se evidencia con el surgimiento con el concepto de morfoestructura. El término estructura geológica es: forma de yacencia de las rocas de la corteza terrestre. La forma primaria de yacencia de las rocas sedimentarias es la de estratos horizontales (estructura horizontal), pero esos estratos pueden ser deformados a causa de la actividad de las fuerzas tectónicas y transformarse en estructuras monoclinales o en estructuras plegadas o en estructuras falladas.

Como resultado del ascenso del magma hacia las capas externas de la corteza terrestre, se originan diversos tipos de estructuras magmáticas como: batolitos, alcoholitos, lopolitos, diques, etc. Si el magma en lugar de quedar atrapado

dentro de la corteza terrestre, logra brotar a la superficie, se produce el enfriamiento y solidificación de la lava y se originan las estructuras volcánicas.

Estas diferentes estructuras geológicas pueden llegar a aflorar en la superficie terrestre y las peculiaridades de su composición litológica y de su estructura, imprimen al relieve características que los distinguirán de los desarrollados sobre estructuras geológicas distintas, encontrando diferencias notables entre un relieve desarrollado sobre estructuras horizontales y otro desarrollado sobre estructuras plegadas.

3. Climáticos

Clima y relieve

La influencia del clima sobre los procesos geomorfológicos exógenos y las formas del relieve por ellos producidas, ha sido reconocida hace tiempo, de ahí que se considere al clima como uno de los factores formadores del relieve, cuya acción se manifiesta tanto mediante el desgaste de las estructuras geológicas, causada por la erosión diferencial, como por las diferencias entre los agentes exógenos de las diferentes zonas del planeta.

Las opiniones en cuanto al rol del clima en la evolución del relieve no son unánimes entre los especialistas, algunos exageran dicho rol, mientras que otros lo niegan totalmente. Es erróneo atribuirle tanta importancia como le atribuyó Saver, quien en 1925 manifestó que bajo un clima dado se desarrolla con el tiempo un paisaje característico, y que finalmente el clima ocultará en muchos casos al factor geognóstico. Por otro lado, King (1953) aseveró que las

formas del relieve son independientes del clima, ya que, la naturaleza física de los procesos es independiente de los factores climáticos.

La influencia del clima en el relieve es de dos tipos: directa e indirecta.

Se habla de influencia directa por que el clima controla entre otros:

- El régimen térmico.
- La cantidad, intensidad y el tipo de precipitaciones.
- La relación evaporación-precipitación.
- La ocurrencia y la frecuencia del congelamiento.
- La velocidad del viento.

Tricart y Cailleaux (1972) consideran dos formas de influencia del clima sobre el relieve:

- La forma cualitativa que se relaciona con la naturaleza de los procesos.
- La forma cuantitativa que se relaciona con la intensidad de esos procesos.

La influencia indirecta la ejerce el clima mediante el condicionamiento del tipo y grado de cobertura vegetal.

La profunda meteorización química o intemperismo químico es considerada como una de las principales características de los trópicos húmedos. Esto ocurre fundamentalmente en las llanuras, aunque también en las montañas se han encontrado espesores de suelos rojos de hasta 6 m, a pesar del desarrollo de formas erosivas, como gargantas de laderas abruptas y cañones. Para comprender la supuesta contradicción entre la existencia de estas cortezas de intemperismo y el desarrollo de formas erosivas, hay que tener en cuenta el papel que desempeña la espesa vegetación de los bosques tropicales, capaz

de crecer en laderas de hasta 70° de inclinación; bajo esta cubierta protectora y con las condiciones del régimen térmico existente (temperaturas altas y estables), el intemperismo físico es insignificante y la erosión del suelo negligible; la vegetación puede extenderse hasta las orillas de los ríos, produciendo una disminución de la erosión lateral, por lo que se convierte en un importante factor de la morfología de los valles. Los bosques tropicales protegen a los suelos de la erosión, pero cuando éstos son talados, los efectos de la erosión son intensos, proliferando el desarrollo de cárcavas y barrancos. También son abundantes los deslizamientos de tierra; durante los periodos de fuertes lluvias, masas de arcillas (producto del intenso intemperismo químico) saturadas de agua, alcanzan gran plasticidad y son atraídas por la gravedad ladera abajo. Otra característica de las regiones tropicales y que las diferencia de las templadas y de las áridas, es la escasez de acumulación de derrubios en la base de las laderas, lo que se debe a:

- La ausencia de la gelivación y la debilidad del intemperismo físico que favorecen la formación de talus (acumulación de derrubios al pie de las laderas).
- El fuerte intemperismo químico, el cual reduce los productos del intemperismo a partículas muy pequeñas, fácilmente acarreables.
- El abundante escurrimiento superficial.

La resistencia de la caliza a la exogénesis es un ejemplo interesante de cómo las condiciones climáticas influyen en el relieve.

En regiones húmedas la caliza se considera como una roca endeble, debilidad que obedece más a la acción química que a la física; las áreas calcáreas, son por lo general, más bajas que las adyacentes no calcáreas. En regiones áridas donde la calcificación es muy débil, generalmente la caliza es una roca resistente y forma cadenas montañosas.

El relieve de las regiones áridas contrasta con el de las regiones de clima húmedo; el primero se destaca por la gran angulosidad de las formas del relieve, que son abruptas y afiladas, a diferencia de las segundas, donde generalmente las laderas son más suaves. Esto es debido a la poca importancia que tiene en las regiones áridas, el transporte de materiales sueltos por las laderas, debido al poco escurrimiento superficial, lo que hace resaltar las diferencias litológicas y estructurales.

4. Tectonismo y relieve

Procesos endogenéticos

En geomorfología, el término de procesos endogenéticos abarca a un conjunto de procesos que actúa desde el interior del planeta y que intervienen decisivamente en la formación del relieve terrestre.

Los procesos endogenéticos están condicionados por fuerzas internas del planeta, asociadas a:

- La energía de la rotación de la tierra.
- El calentamiento por desintegración de minerales radioactivos en la corteza terrestre.

- La aceleración gravitatoria.
- El impulso de fricción entre las diferentes geoesferas sólidas del planeta.
- El desplazamiento de las placas litosféricas.

Los procesos endogenéticos condicionan la diferenciación de la corteza terrestre y no sólo contribuyen al surgimiento de formas del relieve (morfoestructuras), sino que controlan el carácter y la intensidad de los procesos exógenos. A los procesos endógenos se les llama “destructores”. Sin la acción de los procesos endogénicos, el relieve de nuestro planeta sería una inmensa llanura de altura próxima al nivel del mar.

Los procesos endogénicos constituyen un conjunto de procesos estrechamente relacionados, ellos son:

1. El Tectonismo.
2. El magmatismo.
3. Los sismos.

1. Tectonismo

Se llaman movimientos tectónicos a aquellos movimientos de origen interno, los cuales producen deformaciones de las rocas que componen la corteza terrestre.

El estudio de estos movimientos, sus características, sus efectos, sobre las rocas y otros aspectos del tectonismo no son objeto de estudio de la geomorfología, sino de la geología, en especial de la geología estructural y de la geotectónica. La geomorfología se interesa por las relaciones entre estos

movimientos y el relieve, por los efectos de los movimientos tectónicos sobre el relieve.

Los movimientos tectónicos no son los principales causantes de la diferenciación del relieve, al producir el ascenso y descenso de bloques de la corteza de distintos tamaños, con lo que surgen las diversas formas tectónicas del relieve, también llamadas morfoestructuras.

Existen diferentes clasificaciones de los movimientos tectónicos, que se basan en distintos aspectos sobre estos movimientos; sin embargo, existe una clasificación que es de especial interés para la geomorfología, elaborada por Leontiev (1979) y en la que se distinguen tres tipos de movimientos tectónicos:

1. Movimientos formadores de dislocaciones plicativas (pliegues).
2. Movimientos formadores de dislocaciones disyuntivas (Fallas).
3. Movimientos verticales oscilatorios o epirogenéticos.

Las dislocaciones plicativas y su manifestación en el relieve

La forma de los pliegues es muy variada, al igual que sus dimensiones, según estas se pueden distinguir:

- Micropleglamientos. A causa de la gran plasticidad de lagunas rocosas (sal, yeso), se miden en milímetros.
- Comunes. Aquellos con cientos a miles de metros; son los que habitualmente se manifiestan en el relieve más claramente, son apreciables en los cortes naturales y artificiales.

- De bóveda o depresiones. Ocupan grandes extensiones (decenas-cientos de km²) con buzamiento muy suave de los estratos (< 1°); son los anteclises y sineclises que aparecen en las áreas de plataforma continental.
- Anticlinorios y sinclinorios. Son complejos de pliegues (anticlinales y sinclinales) que abarcan extensas áreas en zonas montañosas.
- Meganticlinorios y megasinclinorios. Son enormes estructuras que resultan de la unión de varios anticlinorios y sinclinorios.

Los pliegues, se diferencian además, por su morfología en sección y en planta.

Según su sección, se clasifican en:

- Anticlinales. Estratos combados hacia arriba.
- Sinclinales. Estratos combados hacia abajo.

Según la relación flanco-ancho pueden ser:

- Agudos.
- Isoclinales.
- En abanico.
- En cofre.

Según la inclinación del plano axial:

- Parados.
- Inclinados.
- Acostados.

Los pliegues pequeños se manifiestan en el relieve frecuentemente, bajo la forma de cadenas compactas de poca altura.

Las estructuras plegadas de mayores dimensiones y de estructura interna más compleja, los anticlinorios y sinclinorios se manifiestan en el relieve mediante grandes cadenas montañosas y las depresiones que las dividen.

Las estructuras mayores y más complejas, meganticlinorios y megasinclinorios, originan megaformas del relieve, que tienen el aspecto de países montañosos, compuesto por sistemas montañosos y las depresiones entre ellos.

a expresión de las dislocaciones plicativas en el relieve depende no sólo de las características del pliegue (tamaño y forma), sino también de otros factores no menos importantes como son:

- La composición y homogeneidad de las rocas que forman el pliegue.
- Las características de los procesos del modelado (exogénesis).
- El tiempo de actividad de los procesos exógenos.
- El régimen tectónico del terreno.
- La edad del relieve.

Formas de relieve en estructuras plegadas

La presencia de estructuras plegadas cerca de la superficie terrestre determina la existencia de un relieve peculiar; el relieve sobre estructuras plegadas presenta una gran variedad de formas; algunas de ellas son el resultado de plegamientos recientes, cuyos efectos sobre el relieve son muy marcados y evidentes. En otros casos, en que el tiempo transcurrido desde la deformación tectónica, ha permitida la transformación de las formas primarias del

relieve (formas tectónicas), el relieve existente es distinto del de las áreas de tectonismo joven.

Cuando las fuerzas tectónicas pliegan las capas de la corteza cercanas a la superficie, esos plegamientos se manifiestan en la superficie terrestre, de modo que aparecerán formas positivas del relieve (alturas) sobre las estructuras geológicas positivas (anticlinales), mientras que, sobre las estructuras negativas (sinclinales) se formarán depresiones o valles; en este tipo de relieves existe una correspondencia directa entre la estructura geológica y el relieve sobre ella, de ahí que se denomine relieve directo o jurásico (de los montes Jura entre Suiza y Francia) (Figura 2).

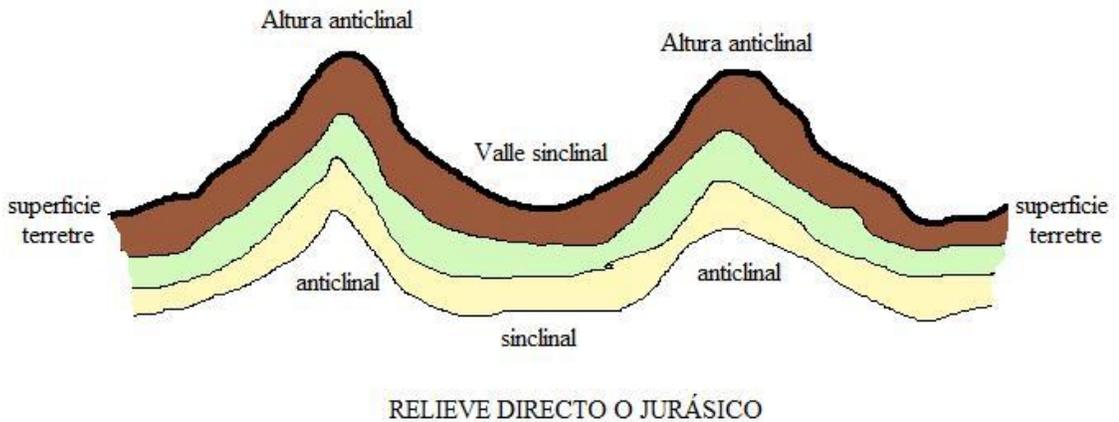


Figura 2.

En los Alpes se utiliza una terminología para designar a estas formas del relieve, se denomina *mont* a la altura anticlinal y *val* al valle sinclinal; denominan *ruz* al valle que se desarrolla en la dirección de la pendiente, sobre las laderas

de las alturas anticlinales y *cluse* al valle que atraviesa transversalmente a la altura anticlinal.

La acción de la exogénesis se encarga de ir modificando a ese relieve directo, de manera que las cimas de las alturas monoclinales son la más atacadas (por encontrarse en la charnela del anticlinal, la rocas más debilitadas y estar más alejadas del nivel de base, la acción de los agentes erosivos se hace más intensa, sobre todo al encontrar capas subyacentes más blandas); se forma así el vaciado del anticlinal también llamado valle anticlinal, depresión en lo que constituía la cima de la altura anticlinal; ese encajamiento del valle anticlinal va dejando más elevadas las superficies situadas sobre la estructura sinclinal, que quedan como un sinclinal colgado denominadas alturas sinclinales; este tipo de relieve resultante de la modificación del relieve directo, en el que deja de haber una correspondencia directa entre la estructura geológica y el relieve, recibe el nombre de relieve inverso (Figura 3).

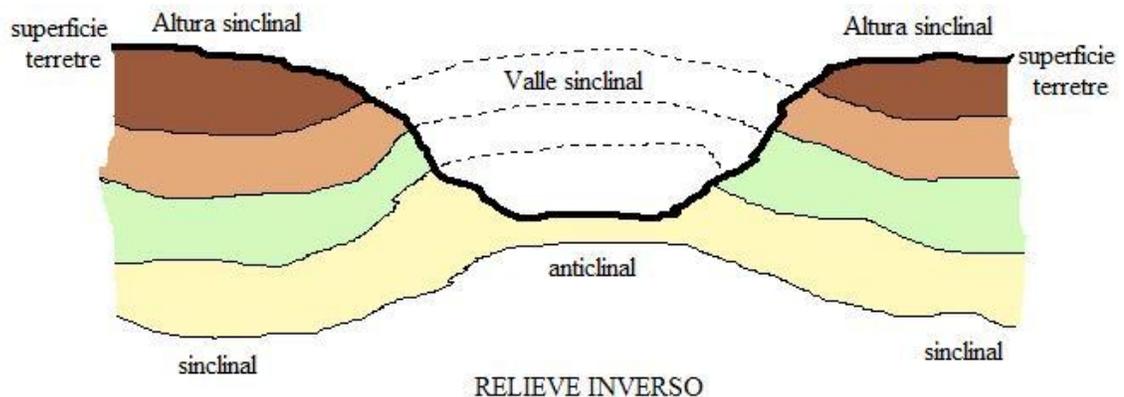


Figura 3.

Las dislocaciones disyuntivas y su manifestación en el relieve

Cuando la tensión producida por los movimientos tectónicos sobrepasa el límite de elasticidad de las rocas, éstas se fracturan y surge una dislocación disyuntiva o falla.

Las fallas son superficies planas o curvas, que separan bloques opuestos de la corteza terrestre que se han movido o desplazado uno con relación a otro (desplazamiento relativo); sin embargo, la mayoría de las grandes fallas es un complejo de fracturas paralelas y subparalelas de diferentes edades, agrupadas en una faja estrecha denominada zona de falla. La mayoría de las zonas de fallas principales tiene decenas o cientos de kilómetros de largo y unos pocos kilómetros de ancho, y generalmente, contienen numerosos bloques y fragmentos de rocas desplazadas (brecha de falla) y fragmentos rocosos muy finos (milonita).

El estudio de la génesis y clasificación de las fallas es objeto de estudio de la geología estructural, que tradicionalmente clasifica las fallas según su geometría: verticales, de sobrepuje, normales, inversas, de tijera, entre otras; así como las estructuras originadas por sistemas de fallas: *Horst* y *graben*; según la profundidad que alcanzan las fallas se dividen en:

- Superficiales. Penetran hasta las capas más externas de la corteza.
- Profundas. Cortan todo el espesor de la capa sedimentaria.
- Muy profundas. Cortan todo el espesor de la capa sedimentaria y llegan a la capa granítica.
- Superprofundas. Cortan toda la corteza y llegan al manto.

Las fallas se manifiestan en el relieve debido a que:

1. Elevan, deprimen, inclinan o desplazan horizontalmente bloques de la corteza terrestre, provocando características típicas del relieve.
2. Originan zonas de debilidad (líneas de falla) que son erosionadas más fácilmente que las rocas aledañas.
3. Pueden poner en contacto rocas débiles con rocas resistentes, lo que provoca una erosión diferencial a ambos lados de la falla.

La manifestación de las fallas en el relieve depende de varios factores:

1. Magnitud y tipo de desplazamiento.
2. Edad del fallamiento.
3. Grado de actividad de la falla.
4. Dureza relativa de las rocas. Mientras más débiles sean las rocas afectadas por la falla, más rápidamente será aplanado el escarpe que separa los bloques.
5. Tipo en intensidad de los procesos exogénicos.

La forma del relieve asociada a las fallas más características es el escarpe de falla (escarpada de falla).

La ocurrencia de fallas puede también afectar el drenaje superficial y subterráneo, y con ello al relieve; la formación de lagos próximos a escarpas de fallas pueden ser el resultado de modificaciones en la circulación de las aguas subterráneas por fallamientos que corten los acuíferos, de forma que se propicie la afloración de esas aguas a la superficie, también puede dar lugar a la aparición de manantiales alineados a lo largo de la falla; las fallas también

pueden afectar los cauces y retener las aguas de las corrientes superficiales, favoreciendo la formación de lagos. Las fallas de desplazamientos horizontal provocan el desvío de los valles a ambos lados de la falla; el alineamiento de las corrientes es una evidencia geomorfológica de la presencia de fallas; las líneas de falla son generalmente, ocupadas por ríos, que adquieren así un trazado en plan anómalamente rectilíneo, diferente del trazado irregular o meandriforme de la mayoría de los ríos, esos valles de línea de falla son formas saciadas a las fallas, que persisten más allá de la desaparición de los escarpes de falla.

Los movimientos verticales oscilatorios y el relieve

Además de los movimientos tectónicos formadores de dislocaciones plicativas y disyuntivas, se distingue un tercer tipo, los movimientos verticales oscilatorios; estos son movimientos verticales permanentes y que se manifiestan en toda la corteza terrestre, su dirección puede ser positiva (de ascenso) o negativa (de descenso); son también variables en cuanto a su intensidad, amplitud y difusión espacial y son conocidos como movimientos epirogenéticos (del griego *epeiro*= continente).

El papel de estos movimientos en la formación del relieve es grandioso, ellos pueden originar dislocaciones disyuntivas y estructuras de *Horts* y de *Graben*, y también pliegues, pero su rasgo principal es el desplazamiento vertical en los bloques de la corteza.

2. El magmatismo

El magmatismo es otro de los procesos endógenos formadores del relieve. Se denomina a éste como el conjunto de procesos relacionados con el desplazamiento del magma, esa masa mineral fundida y saturada de sustancias volátiles (básicamente H₂O y CO₂), que se forma a profundidades entre 10 y 200 km, por fusión parcial del manto y de la parte inferior de la corteza y que puede ascender a través de las grietas y las fallas.

El magmatismo, clásicamente es dividido en intrusivo y efusivo o vulcanismo.

El magmatismo intrusivo consiste en la actividad de desplazamiento del magma hacia zonas más externas, pero sin salir a la superficie terrestre; esos desplazamientos del magma producen un aumento de la temperatura y de la presión en las rocas en contacto con el magma, lo que provoca:

- Intrusiones.
- Metamorfosis de las rocas.
- Dislocaciones.
- Sismos.

Pero también hay consecuencias para el relieve, al producirse intrusiones magmáticas que se emplazan cerca de la superficie terrestre, las rocas suprayacentes pueden sufrir al empuje de la masa magmática, de modo tal, que se plieguen y produzcan un abovedamiento de la superficie que se manifiesta en forma de elevaciones (Figura 5a). El magmatismo intrusivo, también se relaciona con el relieve de forma indirecta, pero son sus efectos los que generan fenómenos que sí inciden directamente sobre el relieve.

La denudación de las intrusiones magmáticas, combinada con la dureza de las rocas ígneas cristalinas que las conforman, provocan, por lo general, formas positivas del relieve y relieves petromórficos característicos, como la denominada morfología granítica (Figura 5b).

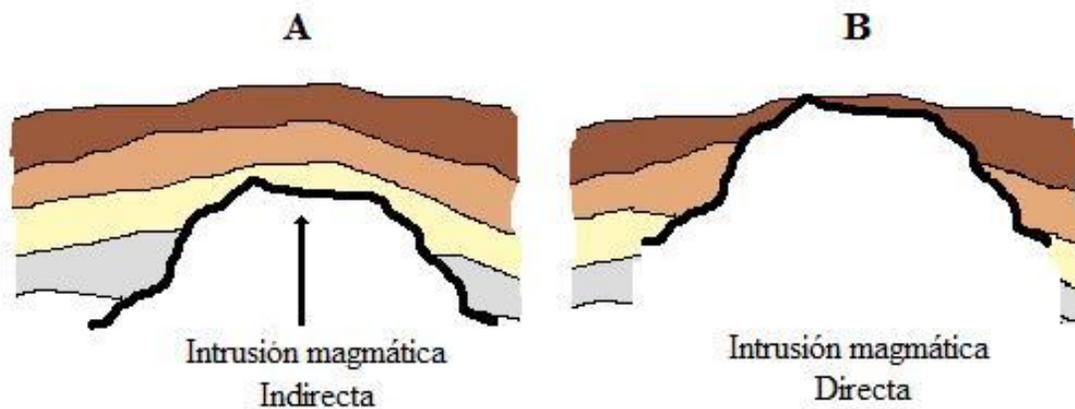


Figura 5 a y b.

El magmatismo efusivo o vulcanismo, constituye un conjunto de procesos relacionados con la salida del magma a la superficie; la efusión de la lava y su dispersión sobre la superficie tiene un efecto directo sobre el relieve.

La salida de la lava se denomina erupción volcánica y sus características están en dependencia en la composición de la lava (ácida, básica y media) y del tipo de afusión (central y fisural); estos factores determinarán si la erupción es violenta o explosiva, así como la morfología del relieve volcánico construido por la lava al enfriarse.

El relieve volcánico es muy variado y ello depende varios factores como son:

- Forma o tipo de efusión.
- Composición de la lava.
- Características de los procesos exogenéticos.
- Etapa del desarrollo del relieve.

Con base en su génesis las formas volcánicas se clasifican en:

- Constructivas: conos, mesetas de lava, coladas de lava.
- Destructivas: cráter, caldera.
- Denudadas: pitones.

3. Los sismos

Los sismos son otros de los procesos endógenos que intervienen en la formación del relieve terrestre; se definen como vibraciones del interior de la tierra causadas por el súbito rompimiento de rocas que han sido deformadas más allá de su límite elástico. De lo anterior se desprende que la causa de la mayoría de los sismos y de los de mayor intensidad, es tectónica; sin embargo, existen otras causas de los sismos, como son:

1. Los procesos gravitacionales. El derrumbe de grandes masas por laderas de las montañas, puede producir un fuerte impacto en la base de las mismas, que causa la propagación de ondas sísmicas a través de la corteza terrestre y ocurre así, un sismo; este tipo de sismos es de baja energía en comparación con los de origen tectónico.
2. La actividad volcánica. Esta también genera sismos, en particular las erupciones violentas de lavas ácidas y medias, que generan

desplazamientos de masas de lavas viscosas y explosiones; estos sismos son más severos que los anteriores, pero sus efectos son también locales.

3. la actividad humana. Un método para causar sismos, es el método sísmico mediante explosiones controladas, es usado por los geofísicos; como del resultado de pruebas nucleares.

Estas tres causas producen sismos de escala local en que el temblor, por sí mismo, generalmente, no causa daños significativos, ni pérdidas en vidas humanas.

El tectonismo es la causa principal de los sismos, los cuales se asocian a fallamientos; son los desplazamientos de bloque de la corteza terrestre los que liberan esa energía que origina los grandes sismos.

Para medir la fuerza de los sismos se emplean diversas escalas, algunas basadas en la intensidad y otras en la magnitud.

La intensidad es la medida de los efectos del sismo en cuanto a pérdidas de vidas humanas y daños materiales en un sitio en particular; la escala más utilizada para expresar la intensidad de los sismos es la de Mercalli modificada y la de Medvedev, Sponheuer y Karnik o MSK, ambas de 12 grados.

La magnitud expresa la energía liberada por el mismo sismo, se calcula a partir de la amplitud de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos; se expresa mediante la escala inventada por Richter (1935).

La magnitud es una forma más objetiva de cuantificar la actividad sísmica, pues ella mide directamente las vibraciones registradas en el sismógrafo, mientras que la escala de Mercalli Modificada, depende más de la apreciación del

observador, de la solidez de las edificaciones afectadas por el terremoto, de las condiciones del subsuelo, entre otras condicionantes.

Efectos de los sismos y su manifestación en el relieve

El efecto de los sismos en el relieve es un aspecto de interés para la geomorfología debido a:

a. Rupturas del terreno como consecuencia de fallamientos y desplazamientos de bloques; estos pueden ser horizontales, verticales u oblicuos.

b. Deslizamientos y otros procesos de ladera en las zonas montañosas.

También la sacudida de los materiales no consolidados desencadena durante los sismos un fenómeno conocido como licuefacción; este proceso ocurre básicamente en terrenos arenosos, que al sufrir una sacudida sísmica se comportan como fluidos, especialmente, cuando tiene un alto contenido de agua; esas arenas saturadas de agua son un fundamento peligroso para las construcciones en áreas sísmicas.

c. Modificaciones del drenaje superficial y subterráneo, los sismos pueden provocar el cortamiento de los ríos y la aparición de lagos; también pueden aparecer lagos al subsidir partes de la llanura de inundación del río, pero el efecto de los sismos se extiende también al drenaje subterráneo, cuando el desplazamiento de los bloques corta acuíferos y altera al flujo de las aguas subterráneas, pueden surgir así áreas pantanosas, si el agua es obligada a ascender.

d. Otros efectos son las subsidencias, causadas por el asentamiento del terreno y de las deformaciones generadas por la licuefacción de los suelos.

Si bien, la literatura sobre flora que considera a la geología es reciente y escasa, es posible apreciar la importancia que el aspecto geomorfológico plantea para el entendimiento de ésta, principalmente en los ecosistemas isleños, y comprender los procesos de desarrollo de sus comunidades vegetales; tal es el caso de los estudios realizados por Radhakrishnan *et al.* (1998) y Mueller-Dombois (1999), los cuales resaltan la importancia de las geoformas en el estudio de la vegetación y de sus procesos de adaptación y desarrollo a diversas formas que el relieve conforma. Gracias a este conocimiento, se puede entender mejor los procesos de adaptación y desarrollo de la vegetación para su manejo, protección y estudio.

La aplicación del enfoque sistémico permite concebir al relieve como uno de los componentes del medio, o componentes físicos-geográficos, junto a rocas, suelos, aguas, atmósfera, organismos vivos (animales y plantas), los cuales, están en relación, formando parte de un sistema: el paisaje. El funcionamiento de ese sistema es tal, que cualquier cambio en algunos de sus componentes provoca cambios en los restantes componentes y en el propio sistema (Seco, 2004).

Diversos estudios han demostrado la importancia de los aspectos geológicos en la vegetación en diversas regiones continentales (García, 1993; López y Morales, 1993; Valiente-Banuet *et al.*, 1995; Osorio *et al.*, 1996; Key *et al.*, 1984; McAuliffe *et al.*, 1991, 1994). Estos estudios sirven de base para entender

los procesos de adaptación y distribución de las comunidades vegetales a condiciones geomórficas particulares como es el caso de las islas, y que en ellas el conocimiento es nulo.

Es así, que en los planes de conservación de los recursos naturales, el estudio de las características abióticas, y en particular las geológicas de una región, son importantes, ya que forman parte los sistemas naturales, entendiendo que, tanto la topografía, el clima como la biodiversidad son componentes importantes y complementarios en estudios geológicos, los cuales, han tenido un papel reciente (Wilson, 1994; Sharples, 1998; Baretino *et. al.*, 1990, 2000; Osborne, 2000), aún con esto, se desconocen las propiedades emergentes de las distintas comunidades vegetales de las islas, así como la geomorfología y la influencia que ésta produce en la vegetación.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Las islas del Parque Nacional Bahía de Loreto han sido escenario de diversos estudios geológicos, climáticos, flora y fauna. En lo que respecta a la flora, se han abordado aspectos descriptivos y taxonómicos, que han generado conocimiento de gran valor, sin tomar en cuenta otros aspectos, como: la abundancia, diversidad y distribución propias de las comunidades vegetales, y aún menos estudiadas es su relación con el medio abiótico. Este tipo de estudios son importantes para entender procesos de adaptación, así como distribución de la flora.

El presente estudio pretende establecer una clara comprensión de la abundancia, diversidad y distribución de las comunidades vegetales de isla Monserrat; a través de un análisis integral que considere a las geoformas como eje central, que permita la identificación de áreas críticas para un mejor manejo y conservación de los recursos del área.

OBJETIVOS

Objetivo General

➤ Determinar el efecto de las geoformas en la diversidad, abundancia y distribución de las comunidades vegetales de la isla Monserrat perteneciente al Parque Nacional Bahía de Loreto.

Objetivos particulares

- Identificar las geoformas y unidades de paisaje presentes en la isla.
- Identificar las variables medioambientales propias de cada geoforma.
- Estimar patrones de abundancia, diversidad y distribución de cada una de las geoformas.
- Determinar áreas que sean prioritarias para la conservación (áreas críticas).
- Identificar especies clave, endémicas, en la NOM-ECOL-059 y CITES en cada una de las geoformas.
- Obtener un listado florístico de la isla.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Ho = La isla Monserrat presenta un relieve topográfico de diversas formas y tamaños, como resultado de la interacción entre diversos procesos de formación (estructurales, dinámicos y las condiciones climáticas prevalecientes a lo largo de millones de años), dando como resultado condiciones microambientales particulares, que determinan los patrones de diversidad, abundancia y distribución de la vegetación que se desarrolla en ella.

MÉTODOS y MATERIALES

Zona de estudio

El Parque Nacional Bahía de Loreto está formado por cinco islas, que presentan diferencias en cuanto a: su formación, tamaño, distancia al macizo peninsular, geformas y suelo. De norte a sur son: Coronados (8.5 km²), Danzante (4.9 km²), Carmen (151 km²), Monserrat (19.2 km²) y Catalana (Santa Catalina) con 43 km² (Figura 6).

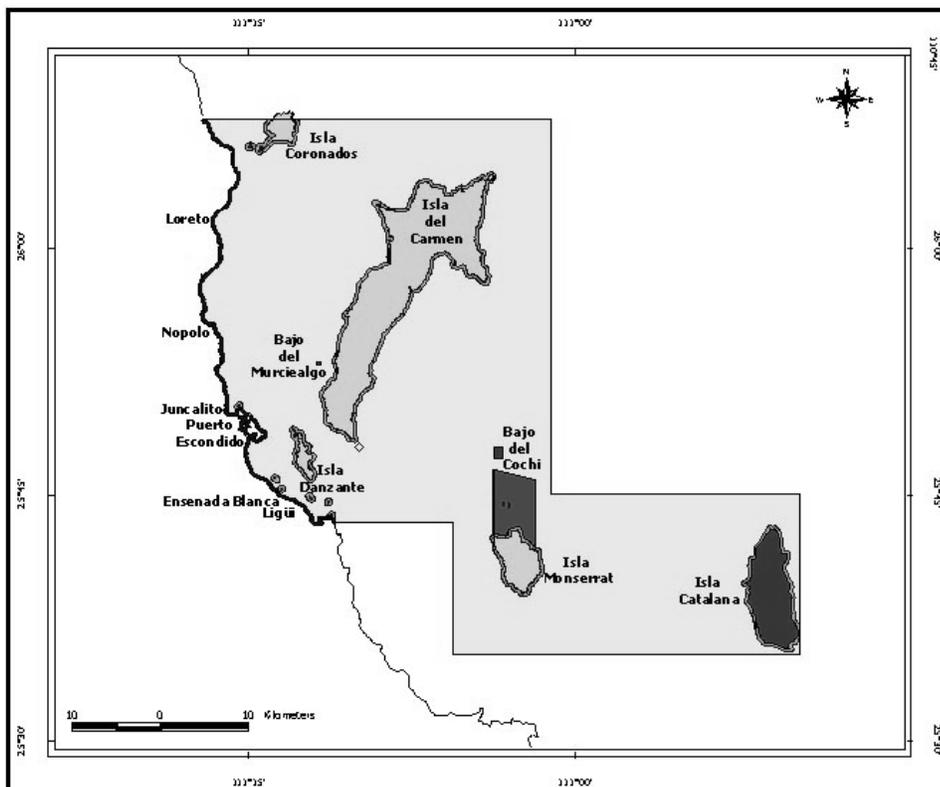


Figura 6. Ubicación del Parque Nacional Bahía de Loreto (polígono en gris), en el Municipio de Loreto. B.C.S., México. El polígono que está arriba de la isla Monserrat corresponde a una zona de crianza de diversas especies de peces, es una zona restringida a todo tipo de actividades humanas (pesca, buceo, etc.).

Con base en un estudio de prospección que se realizó en tres de las islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, con el fin de determinar que isla presentaba la mayor heterogeneidad en su topografía, es decir más geoformas en su sistema terrestre y determinar por medio del análisis de abundancia, diversidad y distribución de la flora, por medio de transectos de vegetación en diversas partes de cada una de las islas, se presentan los siguientes resultados.

En la isla Coronados se realizaron 34 transectos de muestreo, abarcando una superficie de 6,800 m²; en la isla Catalana se realizaron 24 transectos cubriendo 4,800 m² de área y en la isla Monserrat se establecieron y muestrearon 23 transectos, cubriendo una superficie de 4,600 m².

A pesar de que en la isla Coronados la abundancia de especies vegetales es mayor que en las otras islas, ésta presenta muy poca variación (heterogeneidad) en cuanto a sus geoformas, debido a la baja variación en su topografía. No se observó una relación entre los parámetros analizados de la vegetación y las geoformas; el mismo caso se presenta en la isla Catalana.

De los resultados obtenidos se observó que la isla Monserrat presentaba más heterogeneidad en las variables analizadas (geoformas vs. vegetación), con respecto a las otras islas; así mismo, se observó la influencia de las geoformas en la distribución y abundancia de la vegetación, ya que, algunas especies crecen en condiciones abióticas muy particulares, como lo es la leguminosa *Lysiloma candida*, que se desarrolla en las cañadas; sin embargo, se desconoce el por qué de estas preferencias o adaptaciones a condiciones abióticas particulares, particularmente de las geoformas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de taxones de un año (2002) de estudio en las islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, B. C. S., México.

Isla	N	Spp	Familias	Ab	Ar	Hp	Su	Tr	Endémicas	NOM
Monserrat	1777	42	18	12	7	13	7	3	7	2
Coronados	3588	43	19	12	5	16	8	2	8	2
Catalana	1314	29	16	5	8	7	6	3	2	4
Total	6679	114	53	50	20	36	21	8	17	8
Total Neto	6679*	64*	24*	17*	11*	21*	10*	5*	17	8

***Valores totales de los taxones y formas de crecimiento para las tres islas.**

Ab = arbustos, Ar = árboles, Hp = herbáceas perennes, Su = suculentas y Tr = trepadoras.

En febrero, mayo, agosto y diciembre de 2002, se llevó a cabo un estudio de prospección de la vegetación y suelo de la isla Monserrat, abarcando 4,600 m² de área en 23 transectos de 40 x 5 m, situados en diversas partes de la isla. Se observaron diversos tipos de vegetación. El matorral costero que se presenta principalmente en suelos arenosos, este tipo de vegetación está poco extendido, ya que su desarrollo se da en las playas arenosas de la isla; este tipo de vegetación está compuesto principalmente por pasto grama (*Jouvea pilosa*), *Salicornia* (*Salicornia* sp.), otros pastos y diversas herbáceas anuales. Le sigue un matorral que toma diversas composiciones florísticas y formas de crecimiento, que van desde el matorral xerófilo hasta un matorral de tipo semi-sarcocuale.

El matorral xerófilo se desarrolla en la mayor parte de la isla, en diversos tipos de suelos y de geoformas, en algunos sitios predominan las herbáceas (marina, chamizo, anuales), mientras que en otros el dominio se da por parte de los arbustos (algodón cimarrón, maticora, incienso, jobjoba, copal y palo adán). El matorral semi-sarcocaule se presenta principalmente en cañadas y fondos de cañadas, las especies predominantes son el palo blanco (*Lysiloma candida*), torote rojo (*Bursera microphylla*), maticora (*Jatropha cuneata*), y trepadoras (como *Antigonon leptopus*). En toda la isla se desarrollan tanto pastos, como herbáceas anuales. Las especies más abundantes en el total de puntos registrados son: *Lysiloma candida* (73), *Stenocereus gummosus* (76) y *Jatropha cuneata* (207). En el anexo se enlistan las especies por familias registradas en la isla Monserrat.

Isla Monserrat

La isla Monserrat (25° 41' 00" N y 111° 03' 00" W) tiene una superficie de 19.86 km²; se localiza a 13.7 km de la península; con una elevación de 223 m.s.n.m. (Medidas del EROS satellite photographs). Ésta se originó por un proceso tectónico de elevación y fallamiento del suelo marino. La geología de la isla en su mayoría está compuesta por rocas volcánicas del mioceno y sedimentos marinos del plioceno y pleistoceno, probablemente su separación de la península de Baja California se dio en el pleistoceno tardío (Gastil y Krummenacher, 1977; Gastil et al., 1983).

La isla Monserrat está constituida por una cadena montañosa que la recorre a lo largo, la cual forma dos vertientes: la vertiente occidental de la isla es más pronunciada, con respecto a la vertiente oriental, la cual presenta una mayor pendiente y una topografía más abrupta, esta tendencia se observa mejor hacia la parte sur de la isla, donde se localizan los cerros altos (hasta los 223 m.s.n.m.); presenta playas poco desarrolladas y pedregosas, con cantos rodados que van desde 1 hasta 30 cm de tamaño, la única playa arenosa se localiza en la parte norte de la misma, con una extensión de 1 km aproximadamente (playa amarilla).

La isla en su mayor parte es rocosa, formada principalmente por rocas volcánicas del mioceno y sedimentos marinos del plioceno y pleistoceno. Probablemente su separación de la península de Baja California se dio en el pleistoceno tardío (Gastil y Krummenacher, 1977; Gastil et al., 1983) (Figura 7). El suelo es poco desarrollado y de escasos centímetros de grosor, sólo en las partes donde desembocan los arroyos al mar (abanicos aluviales) se presenta un suelo arenoso con sustrato orgánico de aproximadamente 10 cm de grosor, esto debido al arrastre de materia orgánica que se deposita en esas áreas. Los arroyos son intermitentes y sólo fluye agua durante las épocas de lluvias; están formados por un suelo arenoso y una mezcla de diferentes tipos de rocas.

Algo característico de esta isla es la presencia de terrazas marinas compuestas de sedimentos calcáreos marinos, son zonas planas con pendientes de no más de 4 grados de inclinación y con rocas que van desde los 30 cm hasta los 2 m

de tamaño, éstas se localizan en zonas elevadas de la isla que se cortan abruptamente, formando desfiladeros.

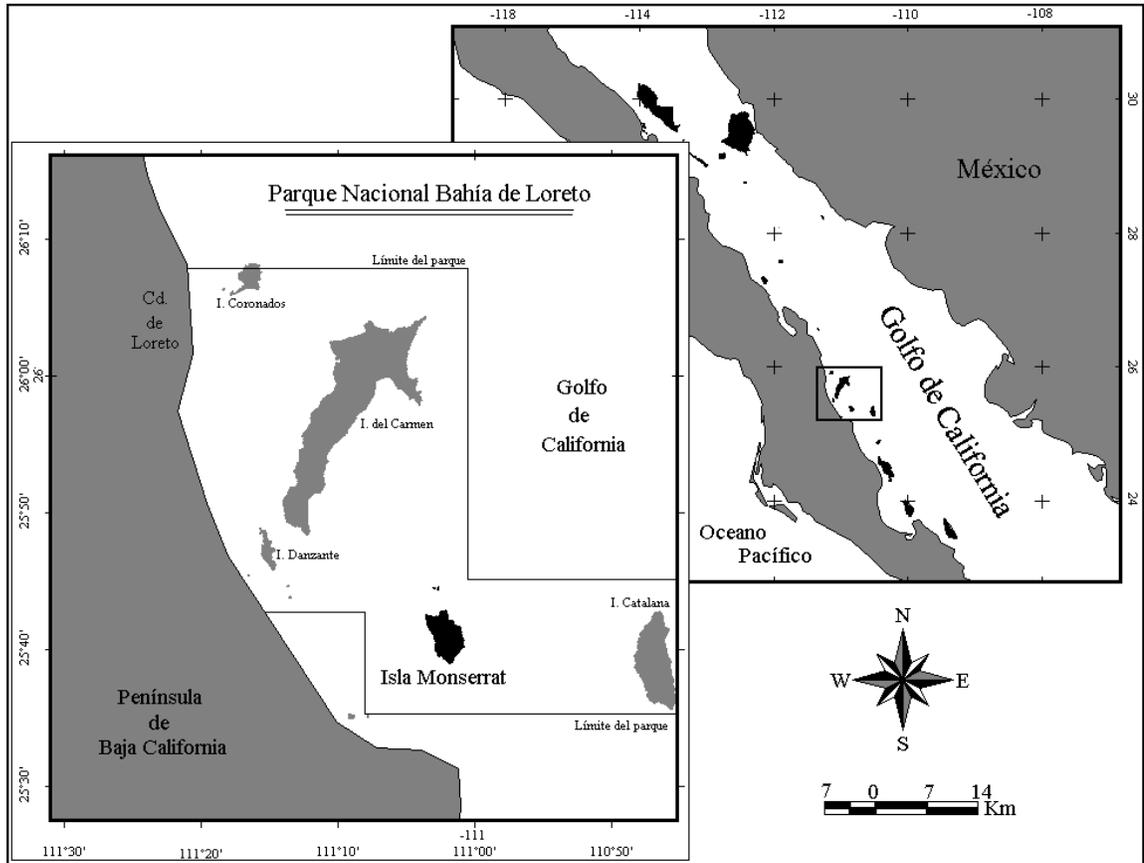


Figura 7. Ubicación geográfica de la isla Monserrat, perteneciente al Parque Nacional Bahía de Loreto, en el Municipio de Loreto. B.C.S., México.

Con base en la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima de la isla corresponde al tipo: Bw(h'')hW(e), el cual es un clima muy seco, cálido y extremo. La precipitación ocurre en dos periodos del año, mayormente en verano y en menor grado en invierno, con un promedio de precipitación total del

mes más lluviosos (septiembre) de 59.9 mm y del mes más seco (abril-mayo) de 0.2 mm.

La precipitación anual es de 185 mm y la temperatura media anual es de 33.02°. Los datos de precipitación y temperatura se obtuvieron de los registros de cinco sensores HOBBO ubicados en diversas zonas de la isla, así como de una estación de precipitación que se localiza en la isla desde 2002.

Rzedowski (1981) define a la vegetación de esta isla del tipo Desierto Sonorense, con escasas lluvias durante el año, con dominancia de matorral espinoso y cactáceas columnares. Como en la gran mayoría de las islas del golfo de California, el matorral más desarrollado se encuentra en las cañadas; entre las especies más comunes están *Opuntia* sp., *Cylindropuntia* sp., *Pachycereus pringlei* y *Bursera microphylla*. Existe una sola playa, con dunas de arena al norte de la isla (playa amarilla), donde se presenta una vegetación de dunas (matorral costero).

La presencia de terrazas marinas en las partes altas de la isla están compuestas de sedimentos calcáreos marinos, son zonas planas, con pendientes de 4° o menos de inclinación y con rocas que van desde los 30 cm hasta los 2 m de diámetro, las cuales se localizan en zonas elevadas de la isla, cortadas abruptamente, formando desfiladeros.

La isla está constituida por una cadena montañosa que la recorre a lo largo, tendiendo a ser inclinada hacia la vertiente occidental, pero más abrupta hacia la vertiente oriental y hacia la parte sur de la misma, donde se localizan los cerros más altos (hasta los 223 m.s.n.m.); presenta playas poco desarrolladas y

pedregosas, con cantos rodados de 1-30 cm de diámetro, solo existe una playa arenosa.

Los sitios de muestreo se seleccionaron con base en fotografías aéreas, escala 1:70,000, y georreferenciados en el campo.

Trabajo de campo

Los sitios de muestreo se seleccionaron en base a fotografías aéreas, escala 1:70,000, las cuales fueron georreferenciados en el campo.

Se realizaron 15 recorridos en la isla (Figura 3) donde se ubicaron, al azar, 66 transectos de 5 x 40 m (para el análisis de vegetación), en los cuales se registraron todas las plantas perennes presentes, midiendo la altura y la cobertura vegetal. Además, se registró la forma de crecimiento, agrupando las plantas en: árboles (Ar), arbustos (Ab), herbáceas perennes (Hp), suculentas (Su) y trepadoras (Tr), para análisis posteriores. Además, se registró la fecha de observación y se caracterizó la vegetación circundante al transecto. Se utilizaron los índices de Información de Shannon y Winer, $H' max$, equitatividad y el índice de valor de importancia (IVI) para determinar la abundancia y diversidad de las especies y análisis comparativos entre las geoformas registradas; se registraron, además, todas las especies incluidas en la NOM-ECOL-059 y CITES.



Figura 8. Recorridos realizados en la isla Montserrat de 2003 a 2005 (líneas amarillas), en donde se establecieron los transectos de vegetación (cuadros amarillos); los cuadros establecen los sitios en donde fueron colocados los sensores climatológicos para el registro de la precipitación (estación climática en cuadro azul) temperatura y humedad (sensores HOBBO en cuadro negro).

Análisis en tres niveles

Con el fin de obtener un mejor manejo de la información, acerca de la ubicación, topografía y vegetación de la isla, se utilizaron fotografías aéreas escala 1:70,000.

El trabajo metodológico se dividió en tres procesos (Figura 9):

I. Análisis geológico

Para determinar el tipo de suelo se tomó en cuenta: origen de la isla y eventos que dieron origen a la misma; se realizó un análisis de pendientes, de drenaje y fracturamiento de las estructuras geológicas; se definieron las micro cuencas que cubren la isla, y se colectaron muestras de suelo al inicio de cada punto para su análisis químico y físico (materia orgánica, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y textura: porcentaje de arena, limo y arcilla). Se identificaron en la isla las siguientes geoformas: playas, mesetas o planicies, cañadas (arroyos), laderas y terrazas marinas, como elementos estructurales geomórficos de la isla, esto con base en un estudio previo de gabinete y campo de la topografía de la isla.

Con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se procesó la información analizada de las fotos aéreas y de la obtenida en la verificación de campo; además de corroborar las geoformas y los tipos de vegetación. Con el programa ArcView ver. 3.2, se crearon los mapas temáticos de la isla: vegetación, geología (suelos, geoformas, pendientes) y clima de curvas de nivel.

II. Análisis de la vegetación

Con el fin de tener la representación de la vegetación de la isla, se establecieron 66 transectos al azar (40 x 5 m), abarcando el mayor número de escenarios posibles. Los transectos se ubicaron teniendo en cuenta su orientación geográfica, pendiente, altitud, exposición de la pendiente y tipo de geoforma.

En cada transecto de vegetación se registraron todos los individuos perennes presentes en dicha área, a los cuales se les midió: altura y cobertura vegetal. Tanto la altura como la cobertura se midieron con flexómetro. La altura se tomó desde el suelo (base del tronco) hasta la parte más alta de la cobertura vegetal. La medición de la cobertura vegetal (dosel) se hizo tomando en cuenta su diámetro mayor y el diámetro menor; posteriormente, con la fórmula del elipse = $[(\pi) (\text{Diámetro mayor}) (\text{diámetro menor}) (0.25)]$, se calculó el área cubierta por vegetación. Se registró la forma de crecimiento, agrupando las plantas en: árboles (Ar), arbustos (Ab), herbáceas perennes (Hp), suculentas (Su) y trepadoras (Tr).

En caso de no haber podido identificar plantas en el campo, se tomaron muestras representativas de éstas y se colocaron en una prensa, para su identificación en el herbario del CIBNOR. Otros datos que se tomaron en cuenta fueron: fecha de registro, caracterización de la vegetación circundante al transecto, asociaciones vegetales y especies dominantes tanto en el estrato vertical como en el horizontal.

III. Análisis ambiental y climático

Para el análisis ambiental y climático se tomaron en cuenta, para cada transecto, la pendiente (medida en grados), orientación, exposición solar, altitud en m.s.n.m., porcentaje de rocosidad y geoposición (al inicio y al final de éste). Para registrar las variables climáticas se establecieron sensores climatológicos, los cuales registraron: precipitación pluvial (pluviómetro) y temperatura y humedad ambiental de los sitios seleccionados (sensores HOBBO).

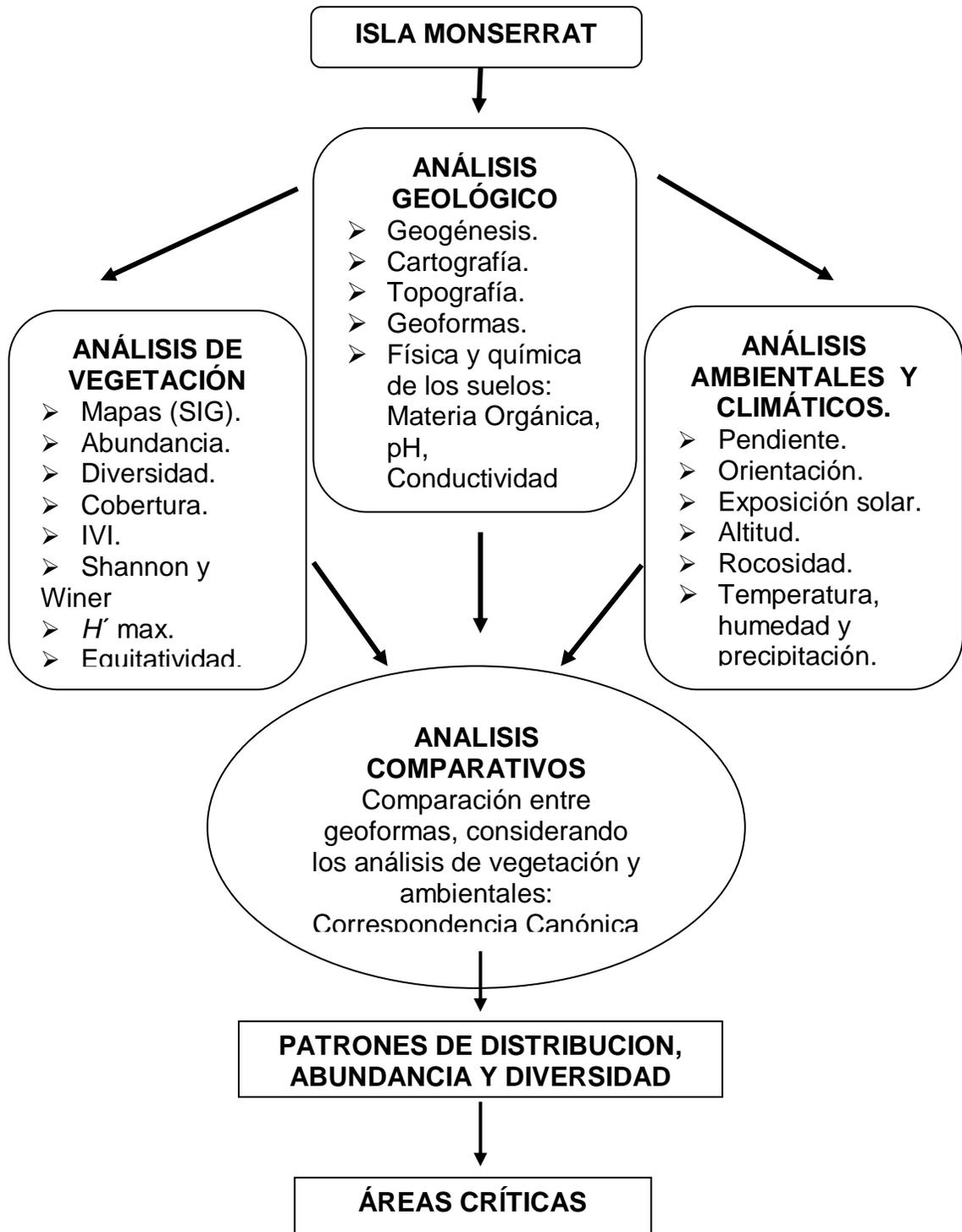


Figura 9. Diagrama de los componentes del estudio de flora de La Isla Monserrat, Parque Nacional Bahía de Loreto; Loreto, B. C. S., México.

RESULTADOS

Geología y geoformas de la isla Monserrat

La isla Monserrat presenta una geogénesis muy particular, su origen es volcánico y emergió por procesos tectónicos de elevación y separación (fallamiento) del fondo marino, este proceso empezó a principios del Mioceno; la geología de la isla en su mayor parte está compuesta por rocas volcánicas del mioceno y sedimentos marinos del plioceno y pleistoceno.

Todos estos procesos han hecho de la isla Monserrat un mosaico de diversas geoformas, con características únicas. Las geoformas que se registraron en la isla son: playas, meseta o planicie, cañada (arroyos), laderas, terrazas marinas, terrazas de abrasión y laderas de talud. Sin embargo, se puede observar que, debido a lo abrupto del terreno en la mayor parte de la isla, las cañadas (arroyos) tienen un papel importante en el desarrollo de la vegetación de la misma. Es en las cañadas en donde se han registrado los valores más significativos, en cuanto a los análisis realizados y expuestos más adelante.

Descripción de la flora de la isla Monserrat

De los recorridos y transectos realizados de diciembre de 2003 a mayo de 2005, se registró un total de 114 especies pertenecientes a 92 géneros y 38 familias. Las familias más representativas en cuanto al número de especies fueron: Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Cactaceae y Poaceae (Cuadro 2).

Cuadro 2. Familias de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.

Familias	No de Especies	Total de especies
ASTERACEAE	15	15
CACTACEAE	13	13
EUPHORBIACEAE	13	13
FABACEAE	13	13
POACEAE	9	9
MALVACEAE	4	4
ASCLEPIADACEAE	3	3
SCROPHULARIACEAE	3	3
SOLANACEAE	3	3
9 Familias	2	18
20 Familias	1	20
TOTAL		114

Los géneros con mayor diversidad de especies fueron *Euphorbia*, *Porophyllum*, *Opuntia* y *Perityle* (Cuadro 3). Las herbáceas perennes y arbustos fueron las formas de crecimiento más representativas (Cuadro 4). De las 69 especies reportadas con algún tipo de categoría (60.52 %), 34 son endémicas en diverso grado: a la península (32 especies) y a las islas (2 especies); 5 géneros son monoespecíficos y 16 están reportados con una especie para la península

(Wiggins, 1980; Case et al., 2002, Herbario: Annetta Mary Carter del CIBNOR) (Cuadro 5). En la Norma Oficial Mexicana ECOL-059-2010 de la SEMARNAT se reportan 2 especies para la península, mientras que, en el listado del Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), se incluyen 12 especies para la península, de las cuales 11 son cactáceas (Anexo 1).

Cuadro 3. Géneros de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.

Géneros	Número de	
	especies	Total de especies
<i>Euphorbia</i>	1	6
<i>Porophyllum</i>	1	4
<i>Perityle</i>	1	3
12 géneros	12	24
77 géneros	77	77
TOTAL	92	114

Cuadro 4. Formas de crecimiento de plantas presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.

Formas de crecimiento	Número de especies
Herbáceas perennes	48
Arbustos	24
Herbáceas anuales	13
Suculentas	13
Árboles	11
Trepadoras	5
TOTAL	114

Cuadro 5. Especies vegetales con alguna Categoría Especial de Conservación presentes en la isla Monserrat, B.C.S., México.

Categoría	No.	A la península	A las Islas	Más de 1 condición
1 especie	16			
Endémicas	34	32	2	
Género monotípico	5			
NOM-ECOL-059-2010	2			
CITES	12			
TOTAL	69	32	2	9

CITES: Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

La vegetación de la isla Monserrat cubre la mayor parte de ésta, excepto las playas rocosas. La vegetación es predominantemente un matorral xerófilo, en algunos sitios prevalecen las herbáceas del género *Marina*, *Atriplex* y algunas gramíneas, mientras que en otras zonas predominan los arbustos de los géneros: *Gossypium*, *Jatropha*, *Encelia*, *Simmondsia*, *Fouquieria*, y árboles de *Bursera*, los cuales son más abundantes en las zonas con pendientes poco inclinadas.

En las laderas con pendientes muy pronunciadas, la vegetación es más escasa, debido a la exposición, ya que las laderas de exposición norte presentan vegetación más abundante y con mayores coberturas. En su mayoría, el matorral se desarrolla como una comunidad con dominancia de herbáceas perennes y arbustivas, en donde la matacora (*Jatropha cuneata*, JATCUN) es la especie dominante.

Un tipo de matorral xerófilo sarcocaulé se desarrolla principalmente en cañadas y fondos de cañadas, donde predominan: *Lysiloma candida* (LYSCAN), *Bursera microphylla* (BURMIC), *Jatropha cuneata* (JATCUN) y trepadoras como: *Antigonon leptopus* (ANTLEP), *Passiflora arida* (PASARI), *Janusia californica* (JANCAL) y *Matelea pringlei* (MATPRI).

En los arroyos, la vegetación es más abundante, presenta una mayor cantidad de especies, de las cuales algunas son únicas la zona de estudio; la forma de crecimiento arbóreo es la más abundante y característica, donde especies como el palo blanco (*Lysiloma candida*, LYSCAN) se desarrollan con alturas de

más de 5 m, además del palo fierro (*Olneya tesota*, OLNTES), que alcanza alturas de 4 o 5 metros y coberturas de más de 5 m².

En las zonas de abanicos aluviales, donde se desarrolla un suelo con una capa de materia orgánica, la vegetación es predominantemente del tipo arbustivo, siendo dominante el lomboy blanco (*Jatropha cinérea*, JATCIN).

El matorral costero, se desarrolla en suelos arenosos y está poco extendido al norte de la isla, compuesto principalmente por el pasto grama (*Jouvea pilosa*, JOUPIL) y el cenizo (*Atriplex barclayana*, ATRBAR), así como diversas herbáceas anuales que crecen en épocas de lluvias. El matorral toma diversas composiciones florísticas y formas de crecimiento, que van desde el matorral xerófilo hasta un matorral de tipo sarcocaulé.

Las terrazas marinas presentan una comunidad de matorral xerófilo poco desarrollada, con un promedio de 50 cm de altura y coberturas promedio de 1.60 m². En estas zonas predomina el palo adán (*Fouquieria diguetii*, FOU DIG) y matacora (*Jatropha cuneata*, JATCUN), en estas zonas existe la biznaga (*Ferocactus digueti*, FERDIG). En el norte de la isla, se presenta el único individuo de mangle rojo (*Rizophora mangle*, RIZMAN).

Vegetación de los transectos de estudio

Con los 66 transectos que se establecieron en la isla, se cubrió una superficie de 13,200 m², registrando un total de 5,607 individuos pertenecientes a 51 especies en 23 familias. Los arbustos y las herbáceas perennes fueron los más abundantes, estando representadas por 18 y 15 especies,

respectivamente, seguido por las suculentas y árboles con nueve y siete especies respectivamente, y por trepadoras con sólo dos especies. Se registraron siete especies endémicas, una especie: *Olneya tesota* (OLNTES) incluida en la Norma Oficial Mexicana ECOL-059-2010 de la SEMARNAT y 7 especies del listado de CITES.

En la Figura 10 se muestran las especies más abundantes en las zonas de estudio, como *Jatropha cuneata* (JATCUN), la cual registró 503 individuos. Esta especie se desarrolla en todo tipo de condiciones, teniendo un papel importante en la comunidad, ya que debajo de esta especie se establecen y desarrollan otras plantas. *Encelia farinosa* (ENCFAR) se desarrolla en mesetas con poca pendiente y son abundantes en el norte de la isla; *Stenocereus gumosus* (STEGUM) se desarrolla en manchones, abarcando amplias extensiones que se pueden observar principalmente en las laderas con poca pendiente de la vertiente este y norte de la isla; *Lysiloma candida* (LYSCAN), típica de arroyos y algunos fondos de cañada, es de primordial importancia, por ser de las pocas especies arbóreas de la isla.

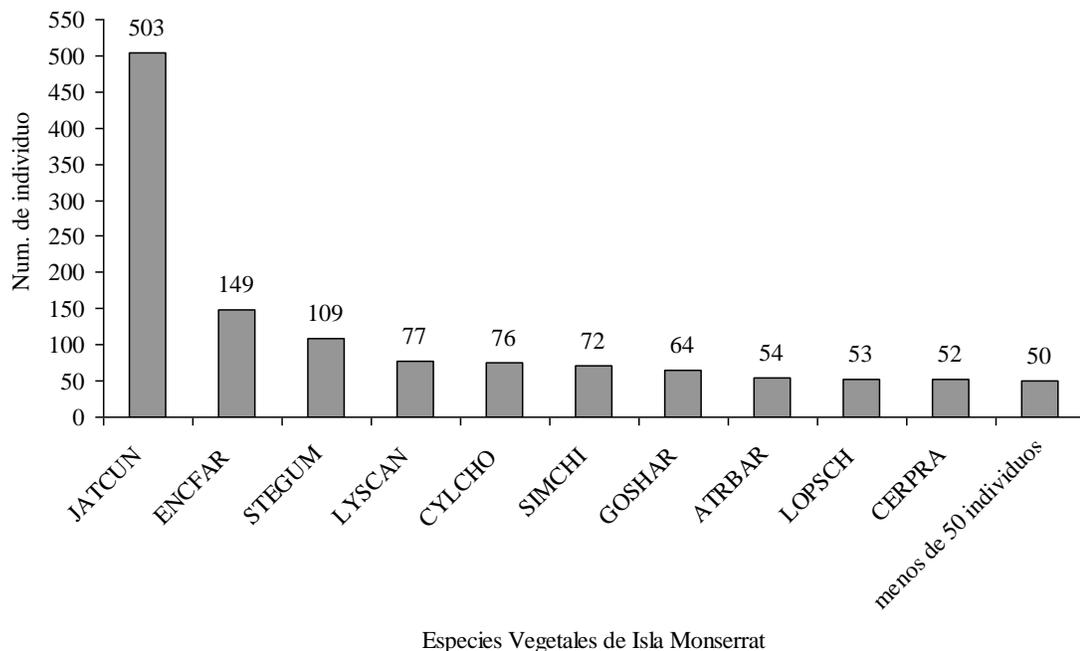


Figura 10. Especies vegetales más abundantes en la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver anexo I). Los valores reportados corresponden a una superficie muestreada de 13,200 m².

El índice de Shannon-Wiener muestra una alta diversidad en la isla ($H = 2.95$); sin embargo, la distribución de la vegetación es heterogénea, así como la morfología de cada especie, la cual varía según las condiciones ambientales que predominan en el microambiente de cada geoforma.

El índice de valor de importancia más alto se registró para las especies: *Fouquieria diguetii*, *Olneya tesota* (OLNTES), *Jatropha cinerea* (JATCIN), *Bursera microphylla* (BURMIC), *Cercidium microphyllum* (CERMIC), *Stenocereus thurberi* (STETHU), *Bursera hindsiana* (BURHIN), *Colubrina viridis* (COLVIR) y *Maytenus Phyllanthoides* (MAYPHY) (Cuadro 6), las cuales, en su

mayoría, son arbóreas y sus doseles sobresalen del dosel medio de la vegetación, caracterizando al matorral xerófilo en la isla. Algunas de estas especies como *J. cinérea* (JATCIN), *B. microphylla* (BURMIC), *C. microphyllum* (CERMIC) y *B. hindsiana* (BURHIN) tienen un papel importante en la protección, germinación y establecimiento de otras especies vegetales, ya que cumplen un papel de pseudonodricismo (protección contra las condiciones medioambientales adversas).

Cuadro 6. Especies de plantas registradas en los transectos de estudio en una superficie de 13,200 m² en la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver Anexo I).

Clave de la especie	No. de individuos	Promedio de altura (cm)	Promedio de cobertura (cm ²)	IVI
JATCUN	503	88.11	20196.52	306.81
ENCFAR	149	60.51	3401.15	35.49
STEGUM	109	99.67	22148.24	380.59
LYSCAN	77	64.55	12151.78	135.23
CYLCHO	76	74.43	8724.17	111.95
SIMCHI	72	71.55	7511.32	92.66
GOS HAR	64	88.32	22034.66	335.54
ATRBAR	54	25.36	4875.94	21.32
LOPSCH	53	137.83	14374.35	341.60

CERPRA	52	105.62	32553.78	592.80
FOUDIG	48	221.40	66303.88	2530.93
MAMDIO	48	14.67	178.42	0.45
DITLAN	46	37.11	1096.52	7.02
HIBDEN	43	51.16	5508.20	48.59
LYCBER	39	113.57	22196.89	434.63
COLVIR	35	176.54	40583.14	1235.29
BURMIC	34	150.09	76552.61	1980.97
POROCH	29	35.07	894.65	5.41
JANCAL	22	56.58	9421.37	91.91
EUPXAN	19	111.25	7883.45	151.21
CERMIC	17	142.71	64479.86	1586.49
CITFLA	17	119.76	23936.68	494.27
LIPPAL	17	97.47	9760.67	164.03
JATCIN	16	212.94	62458.94	2293.08
DEFRU	16	123.19	2349.87	49.91
MAYPHY	13	158.08	44483.85	1212.39
VIGDEL	13	77.77	10031.19	134.50
OLNTES	11	216.82	63817.32	2385.65
CROCAL	11	96.73	2242.32	37.40
JOUPIL	10	31.80	9123.21	50.02
CARARI	9	94.38	20980.98	341.39

MARPAR	8	17.75	4825.30	14.77
PALLEU	8	8.25	299.63	0.43
PACPRI	7	301.29	2106.11	109.40
BURHIN	7	169.29	45564.98	1329.91
PEDMAC	7	48.57	1263.15	10.58
STETHU	6	263.33	31833.57	1445.32
EUPMAG	5	143.60	2866.71	70.98
CARCOR	3	0.00	11440.66	0.00
STEHAL	2	110.00	19242.30	364.94
COCPOS	1	20.00	62.83	0.22
ANTLEP	1	0.00	50579.76	0.00

IVI= índice de valor de importancia

En el estrato vertical, las plantas *Pachycereus pringlei* (PACPRI), *Stenocereus thurberi* (STETHU), *Fouquieria diguetii* (FOUDIG), *Olneya tesota* (OLNTES) y *Jatropha cinerea* (JATCIN), son las dominantes en la vegetación de la isla. Cabe señalar que en las cañadas, *Lysiloma candida* (LYSCAN) es un árbol con alturas que pueden llegar a los 5 m; sin embargo, el promedio obtenido de altura fue de 64.65 cm, debido a la gran cantidad de individuos juveniles y plántulas que se presentaron en los sitios de muestreo.

Cañadas y otras geoformas

En el Cuadro 7 se presentan los valores estadísticos de las especies vegetales, tanto de las cañadas como de otras zonas de la isla, los valores son distintos a los del Cuadro 6, debido a que el sitio de estudio es distinto para cada situación de análisis. Los índices obtenidos para las cañadas son mayores que aquellos obtenidos para otras geoformas en su conjunto.

Cuadro 7. Índices estadísticos de las especies registradas entre cañadas y otras geoformas, isla Monserrat, B. C. S., México.

Indices	Cañadas	Otras Geoformas*
S	35	30
N	787	990
H'	2.97	2.41
H' max	3.56	3.40
J'	0.84	0.71
D	0.082	0.161

S = Riqueza, N = Abundancia, H' = Índice de diversidad de Shannon, H' max = Shannon máxima, J' = Índice de equitatividad (Evenness), D = Índice de Simpson. * incluye playa, planicie y terraza marina.

Los índices de Shannon-Wiener mostraron una alta diversidad; en las cañadas (que incluye a los arroyos) se desarrollan especies únicas y de formas de crecimiento principalmente arbóreo, las cuales presentaron los mayores índices

de IVI, por lo que, estas zonas se pueden considerar como áreas críticas para la conservación (cuadro 8 y Figuras 11, 12 y 13).

Cuadro 8. Comparación del número de individuos, promedios e índice de valor de importancia (IVI) de las especies registradas en las diversas geoformas de la isla Monserrat, B.C.S., México.

Clave de la especie	Cañadas				Otras geoformas			
	No. de Individuos	Promedio de altura (cm)	Promedio de cobertura (cm ²)	IVI	No. de Individuos	Promedio de altura(cm)	Promedio de cobertura (cm ²)	IVI
ANTLEP	1	0.00	50579.76	0.00	—	—	—	—
ATRBAR	—	—	—	—	54	25.36	4875.94	44.16
BURHIN	1	145.00	43354.08	3492.41	6	173.33	45933.46	2843.50
BURMIC	18	189.22	111131.05	11682.48	16	106.06	37651.88	1426.23
CARCOR	3	0.00	11440.66	0.00	—	—	—	—
CARARI	9	94.38	20980.98	1100.04	—	—	—	—
CERMIC	13	147.08	69705.34	5695.58	4	128.50	47497.07	2179.78
CERPRA	19	114.89	39748.14	2537.14	33	99.32	27671.89	981.58
CITFLA	11	132.00	28852.03	2115.82	6	97.33	14925.22	518.83
COCPOS	—	—	—	—	1	20.00	62.83	0.45
COLVIR	31	183.84	41391.04	4227.37	4	120.00	34321.98	1470.94

CROCAL	11	96.73	2242.32	120.50	—	—	—	—
DEFRU	11	136.82	2170.56	164.98	5	93.20	2744.34	91.35
DITLAN	44	37.32	1093.10	22.66	2	32.50	1171.82	13.60
ENCFAR	—	—	—	—	149	60.51	3401.15	73.51
EUPMAG	4	165.75	2483.83	228.72	1	55.00	4398.24	86.39
EUPXAN	19	111.25	7883.45	487.24	—	—	—	—
FOUDIG	10	257.50	58585.73	8381.01	38	211.89	68334.97	5171.36
GOSHAR	6	74.00	11034.87	453.66	58	89.86	23213.21	744.95
HIBDEN	25	52.24	7173.18	208.18	18	48.92	2039.49	35.63
JANCAL	21	54.17	9665.53	290.86	1	100.00	5026.56	179.52
JATCIN	16	212.94	62458.94	7388.81	—	—	—	—
JATCUN	162	95.27	21293.61	1127.04	341	84.47	19639.37	592.50
JOUPIL	—	—	—	—	10	31.80	9123.21	103.61
LIPPAL	17	97.47	9760.67	528.54	—	—	—	—
LOPSCH	53	137.83	14374.35	1100.70	—	—	—	—
LYCBER	28	107.58	20190.52	1206.69	11	127.73	26939.22	1228.88
LYSCAN	77	64.55	12151.78	435.75	—	—	—	—

MAMDIO	14	17.07	442.74	4.20	34	13.68	69.58	0.34
MARPAR	—	—	—	—	8	17.75	4825.30	30.59
MAYPHY	13	158.08	44483.85	3906.59	—	—	—	—
OLNTES	7	249.29	63707.16	8822.94	4	160.00	64010.10	3657.72
OPUCHO	14	53.91	1650.70	49.44	62	78.94	10280.34	289.83
PACPRI	6	318.17	2354.50	416.18	1	200.00	615.75	43.98
PALLEU	—	—	—	—	8	8.25	299.63	0.88
PEDMAC	—	—	—	—	7	48.57	1263.15	21.91
POROCH	3	55.67	2057.75	63.64	26	32.60	755.08	8.79
SIMCHI	13	84.85	9534.21	449.41	59	68.35	7024.33	171.47
STEHAL	2	110.00	19242.30	1175.92	—	—	—	—
STEGUM	88	102.37	22121.22	1258.06	21	88.48	22260.22	703.39
STETHU	4	302.50	31512.21	5295.80	2	185.00	32476.29	2145.75
VIGDEL	13	77.77	10031.19	433.40	—	—	—	—

IVI= Índice de valor de importancia

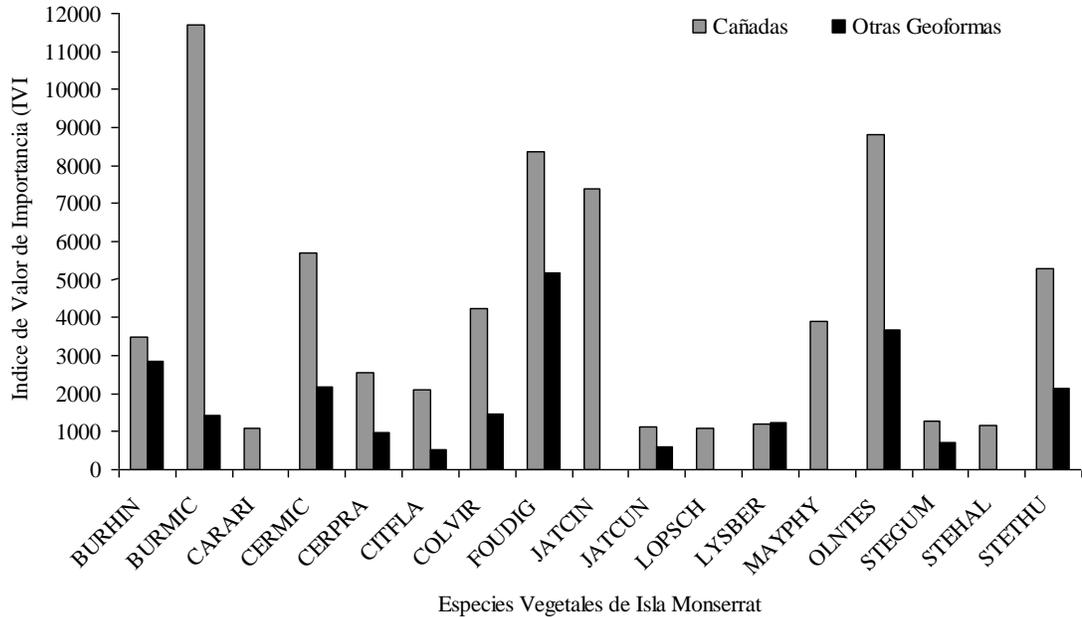


Figura 11. Comparación de los índices de valor de importancia de las especies vegetales registradas en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de la isla Monserrat, B.C.S., México (25°40'60" N y 111°3'0" E (Para las claves de las plantas ver anexo I).

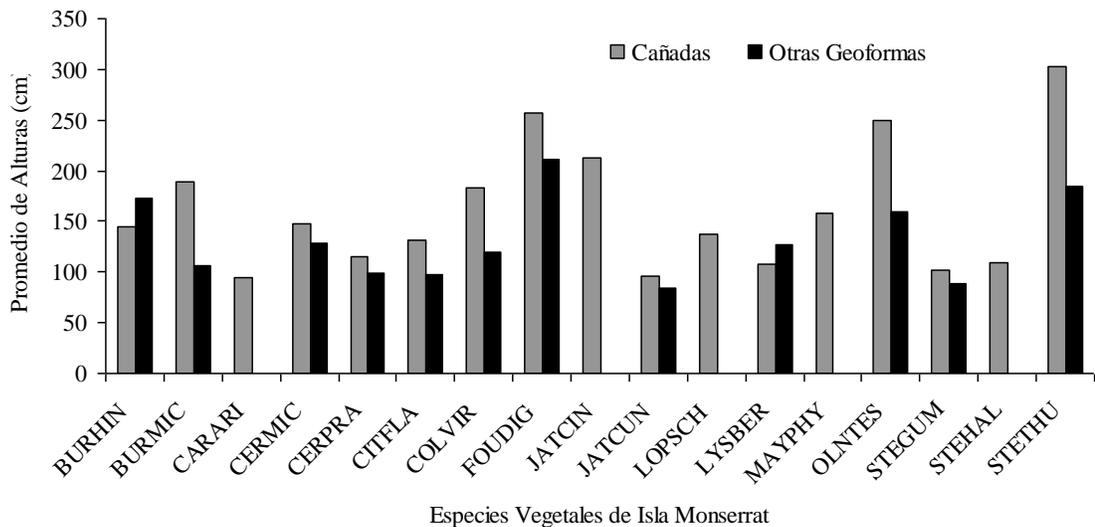


Figura 12. Comparación de los promedios de altura (cm) de las especies vegetales en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de las especies vegetales de la isla Monserrat, B.C.S., México (Para las claves ver anexo I).

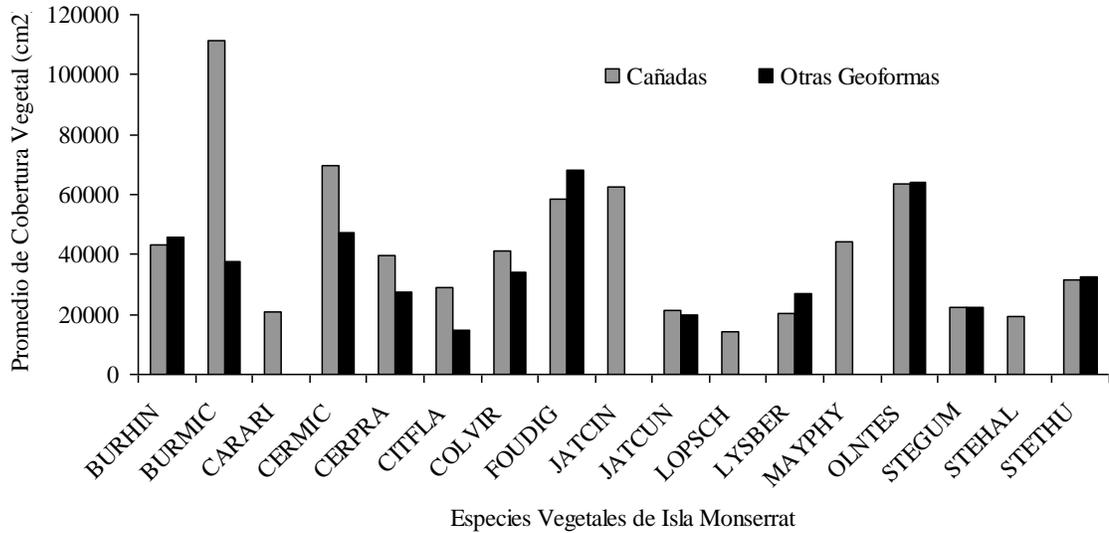


Figura 13. Comparación de los promedios de cobertura vegetal (cm²) de las especies vegetales en las cañadas y otras geoformas (playa, planicie y terraza marina) de la isla Monserrat, B.C.S., México. (Para las claves ver Anexo I).

El análisis de la composición estructural de las cañadas muestra una vegetación más exuberante que en las otras geoformas, el promedio de altura es de 1.60 m y la de coberturas promedio es de 4.19 m², siendo la asociación de especies vegetales característica de estas zonas: *Lysiloma Candida* (LYSCAN), *Jatropha cuneata* (JATCUN), *Colubrina viridis* (COLVIR), *Cercidium praecox* (CERPRA) y *C. microphylla* (CERMIC); en la época de lluvias, las especies trepadoras como *Antigonon leptopus* (ANTLEP) y *Cardiospermum corindum* (CARCOR) crecen abundantemente en los doseles de otras especies, mientras que, el conjunto de otras geoformas como playas, mesetas, terrazas y laderas presentan un promedio de alturas de 93.07 cm, y un promedio de cobertura vegetal (dosel) de 2.59 m² (Cuadro 8).

Estatus de las especies vegetales de isla Monserrat

Del inventario de plantas que se presenta en este estudio (Anexo I), el 53.51 % (41 especies) de las especies vegetales tiene una categoría especial, de los cuales, los más importantes son: los endemismos, especies en la Norma Oficial Mexicana ECOL-059-2010 de la SEMARNAT y en el listado de CITES. De los 28 endemismos que presenta la isla, dos especies son exclusivas de las islas del Golfo de California, las restantes (26 especies) son endémicas a la península de Baja California, *Ferocactus digueti* var. *digueti* y *Salvia platychelia*. *F. digueti*, se localiza desde la isla Cerralvo (24°15'00" N y 109°55' 00" O) hasta la isla Coronados (26°07'00" N y 111°17'00" O), donde está reportado un solo individuo; los individuos que se registraron en la isla Monserrat están presentes únicamente en las terrazas marinas, con escasa abundancia y una altura promedio de 1.30 m, existiendo 32 individuos en cuatro de las ocho terrazas presentes en la isla. *S. platychelia* no es abundante y sólo se reporta como observada, su distribución se presenta en las cañadas de la vertiente oriental y en menor grado en la vertiente occidental, su distribución geográfica abarca desde la isla Cerralvo hasta la isla del Carmen (25°59'44" N y 111°08'36"O).

Las especies que son endémicas a la península, y que son importantes tanto ecológica como económicamente son: *Peniocereus johnstonii*, cactácea que no presenta ninguna categoría de conservación, pero en la isla su distribución y abundancia es escasa. *Lysiloma candida* presenta su mayor abundancia y distribución en las cañadas, mientras que *Ebenopsis confinis* (falso palo fierro)

está bien representada en ellas y en algunas mesetas de la isla se asocia con suelos de origen volcánico.

Entre las especies presentes en la Norma Oficial Mexicana ECOL-059-2010 de la SEMARNAT se encuentra el palo fierro (*Olneya tesota*) y el mangle rojo (*Rizophora mangle*). La primera está mejor representada en arroyos y del segundo solo se reporta un individuo en el norte de la isla, por otro lado, en el listado de CITES se reportan 12 especies, de las cuales 11 son cactáceas y *Euphorbia xantii*, herbácea perenne que abunda en las cañadas, principalmente.

Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica (CANOCO for Windows ver. 4.5)

Para el análisis estadístico de correspondencia canónica se analizaron un total de 56 especies vegetales (Índice de Valor de Importancia: IVI), 16 variables ambientales en 66 sitios de muestreo. Se llevo a cabo un análisis exploratorio con la totalidad de las variables tanto bióticas como abióticas o ambientales, con el fin de determinar la correlación entre estas.

En el cuadro 9 se presentan los resultados de los análisis de correspondencia canónica de las variables antes mencionadas. Se obtuvo una inercia total de 9.32 y una prueba Monte Carlo de 0.40, que indica una alta correlación entre las variables analizadas; el primer eje de ordenación presenta una varianza acumulada de 16.3, indicando una baja separación de las especies relacionadas con sus variables ambientales.

El cuadro 10 exhibe los valores de correlación de las variables ambientales, de los cuales 6 son las relaciones más significativas (en gris), siendo las relaciones entre la variable de arenas con limos y arcillas (respectivamente) en donde se observa la mayor correlación.

Cuadro 9. Resultados de la prueba de correspondencia canónica, varianza acumulada y permutación de Monte Carlo de las variables bióticas de las especies vegetales (Índice de Valor de Importancia); las variables ambientales (16) y 66 transectos de vegetación, registrados para la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B. C. S, México.

EJES	1	2	3	4	INERCIA
					TOTAL
Eigenvalores	0.401	0.382	0.299	0.266	9.326
Correlación bióticos-ambientales	0.776	0.798	0.720	0.739	
% de varianza acumulada					
Datos bióticos de las especies	4.3	8.4	11.6	14.5	
Relación bióticos-ambientales	16.3	31.9	44.0	54.8	
Prueba de Permutación de Monte Carlo					
<i>F</i> = 2.202; <i>p</i> = 0.5060	0.401				

Cuadro 10. Resultados de la correlación entre las variables ambientales registradas en la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S., México.

CONELE	1.00							
ATORG	0.15	1.00						
ARE	-0.02	0.09	1.00					
LIM	0.20	0.17	0.82	1.00				
ARC	-0.08	-0.02	0.81	0.37	1.00			
ALT	-0.18	0.18	0.06	-0.04	0.08	1.00		
EXP	0.22	0.17	-0.05	0.04	-0.10	-0.04	1.00	
PEN	-0.13	0.03	0.04	-0.05	0.09	-0.00	-0.21	1.00
	CONELE	MATORG	ARE	LIM	ARC	ALT	EXP	PEN

CONELE: Conductividad Eléctrica, MATORG: Materia Orgánica, ARE: Arenas, LIM: Limos, ARC: Arcillas, ALT: Altitud, EXP: Exposición y PEN: Pendiente.

Con base en el análisis anterior se eliminaron aquellas especies vegetales (IVI) que no estuvieran bajo los efectos de las variables; de igual forma, aquellas especies con un valor de IVI menor o igual a 3.5; así mismo, todas aquellas variables abióticas con los valores menos significativos en sus vectores analizados. El proceso de análisis final de la correspondencia canónica quedo constituido por una matriz con 32 especies vegetales (IVI), cuatro variables ambientales (suelo, altitud, exposición y pendiente) y 66 transectos de vegetación.

Con la matriz resultante se procedió al análisis multivariado; en la figura 14 se presenta la grafica de correspondencia canónica y en los cuadros 11 y 12 se presentan los resultados de los mismos. La inercia total obtenida fue de 9.32, esto indica que los datos presentan una alta heterogeneidad en sus valores (tanto de las variables bióticas como ambientales) y que son idóneos para un análisis de correspondencia canónica; los resultados en la prueba de permutación de Monte Carlo (0.30), indica una alta correlación entre las variables analizadas (bióticas vs. ambientales) (Cuadro 11).

En el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de correlación entre las variables ambientales, se prestó mayor atención a los valores más significativos indicados entre las variables de exposición vs suelo (con una interacción positiva) y pendiente vs suelo y exposición (respectivamente), estas últimas con una correlación negativa.

La gráfica de correspondencia canónica muestra un gradiente diferencial de las variables ambientales de pendiente, suelo, exposición y altitud; se pueden apreciar tres grandes grupos, siendo la pendiente la que presenta mayor influencia en algunas especies vegetales; mientras que las variables de suelo y exposición tienen menos efecto en las especies vegetales. Sin embargo, son más las especies asociadas a éstas; la altura presenta una escasa influencia entre todas las variables ambientales, pero tiene influencia en especies vegetales de relevancia ecológica como es el caso de la *Olneya tesota*, que se desarrolla en sitios altos de la isla, principalmente en geofomas de mesetas y laderas de poca pendiente.

La asociación más evidente se dio entre el suelo desnudo y exposición de ladera, esta última caracterizada por las exposiciones norte y sur, dado que la isla presenta una composición orográfica en la que la mayor parte de las laderas están orientadas hacia estos rumbos, siendo las exposiciones de orientación sur las que presentan poca cobertura, por las características de orientación de las mismas (laderas de exposición sur son más “secas”, que las del lado norte).

En cuanto a la vegetación que se desarrolla en esta isla, se presenta en su mayor superficie una vegetación de matorral xerófilo, abarcando la mayor parte de las geoformas presentes (laderas, mesetas, terrazas, cañadas y fondos de cañada) y en menor grado se puede apreciar vegetación costera (dunas y halófitas) en la única playa arenosa de unos 5 km de extensión, en la parte norte de la isla, las demás playas son rocosas y carentes de vegetación.

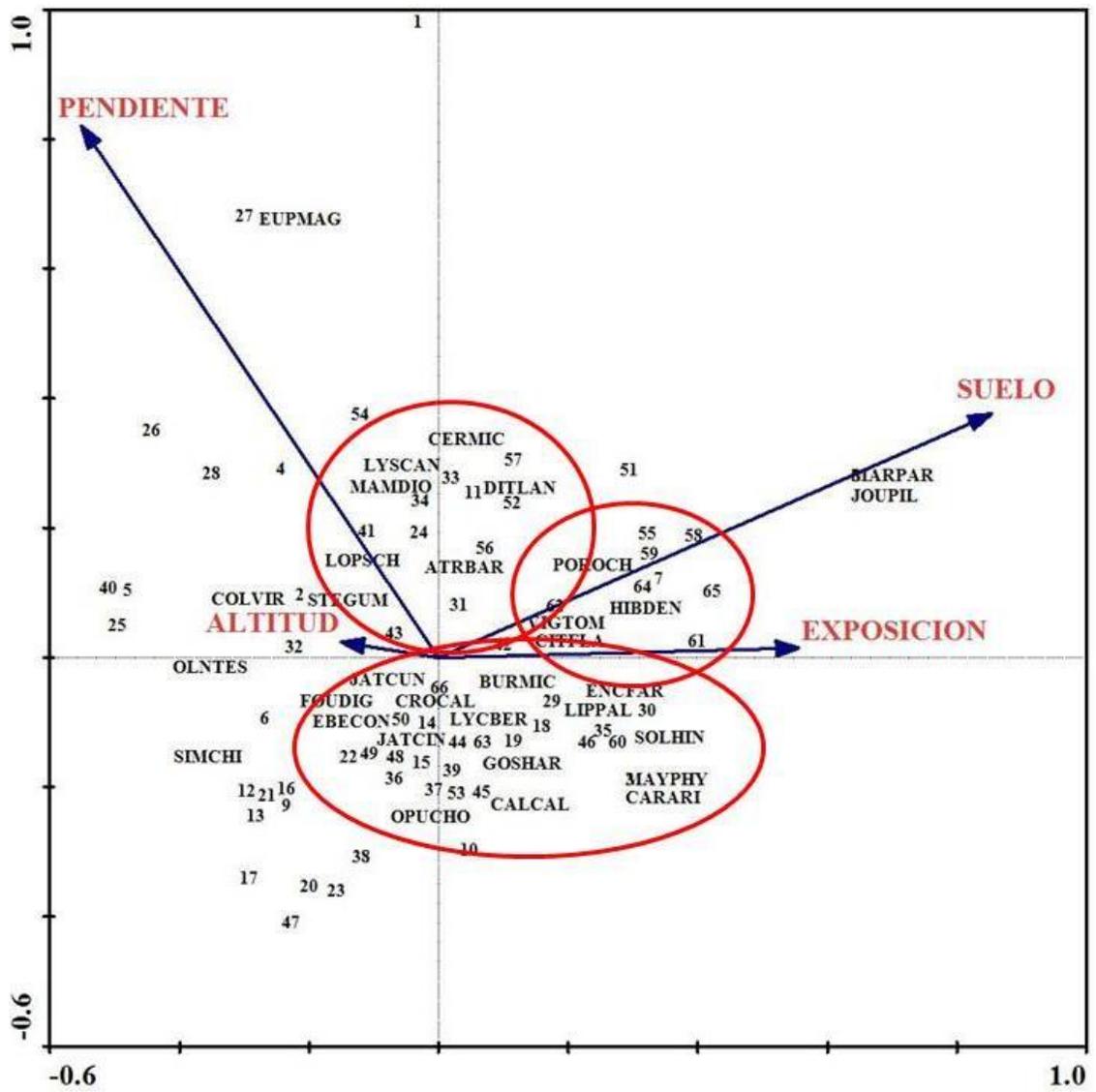


Figura 14. Análisis de correspondencia canónica con las especies vegetales (IVI) y las variables ambientales más significativas en 66 transectos de vegetación de la isla Monserrat, B.C.S., México (Para identificar las claves de las especies vegetales ver el Anexo I).

Cuadro 11. Resultados de la prueba de Correspondencia Canónica, Varianza Acumulada y Permutación de Monte Carlo de las variables bióticas de las especies vegetales (Índice de Valor de Importancia > 3.5); las variables ambientales (4) y 66 transectos de vegetación de la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S., México.

EJES	1	2	3	4	INERCIA
					TOTAL
Eigenvalores	0.301	0.226	0.111	0.075	9.326
Correlación bióticos-ambientales	0.735	0.684	0.499	0.420	
% de varianza acumulada					
Datos bióticos de las especies	3.2	5.7	6.8	7.6	
Relación bióticos-ambientales	42.3	73.9	89.4	100.0	
Prueba de Permutación de Monte Carlo					
$F= 2.038; P = 0.0420$	0.301				

Cuadro 12. Resultados de la correlación entre las variables ambientales (4) con valores en sus vectores significativos, de la isla Monserrat del Parque Nacional Bahía de Loreto, B.C.S, México.

SUE	1.00			
ALT	0.02	1.00		
EXP	0.20	-0.04	1.00	
PEN	-0.20	-0.004	-0.21	1.00
	SUE	ALT	EXP	PEN

SUE: Suelo, ALT: Altitud, EXP: Exposición y PEN: Pendiente.

Análisis de Conglomerados (Cluster analysis)

Para este análisis se seleccionó la técnica de clasificación jerárquica, donde los sitios (muestreos de vegetación) se disponen en grupos, dentro de una jerarquía (dendograma). Este análisis tiene la ventaja de que se puede analizar a varios niveles, general o detallado, utilizando el coeficiente de Sorensen. En la figura 15 se presenta el análisis de Cluster para 66 sitios de muestreo en la isla Monserrat; de lo antes mencionado, se puede decir que, la clasificación jerárquica de los datos de los sitios de muestreo de la isla Monserrat, se organiza en un dendograma, en donde se pueden apreciar seis grupos de sitios diferenciados (en el cuadro 13, se presentan los grupos y los puntos de muestreo).

Cuadro 13. Grupos y los transectos de vegetación que se realizaron en isla Monserrat, B. C. S. México.

GRUPO	Sitios de Muestreo (Transectos de vegetación)	Geoformas que lo componen
1	1, 55, 47, 28,46, 32	Laderas (exposición norte)
2	58, 2	Playas
3	34, 4, 7, 14, 18, 5, 37, 42, 27, 6, 39, 57, 22, 29, 62, 10, 38, 45, 50, 12, 63, 17,43, 13, 56, 20, 61, 36, 49, 54, 65, 30, 64, 60, 9, 23, 52, 19, 21, 51, 59, 15, 16, 35, 11	Mesetas (planicies) y cañadas (arroyos)
4	25, 48, 26, 44	Laderas (exposición sur)
5	31, 8, 41	Mesetas con presencia de <i>Olneya tesota</i>
6	33, 3, 40, 24, 53, 66	Terrazas marinas

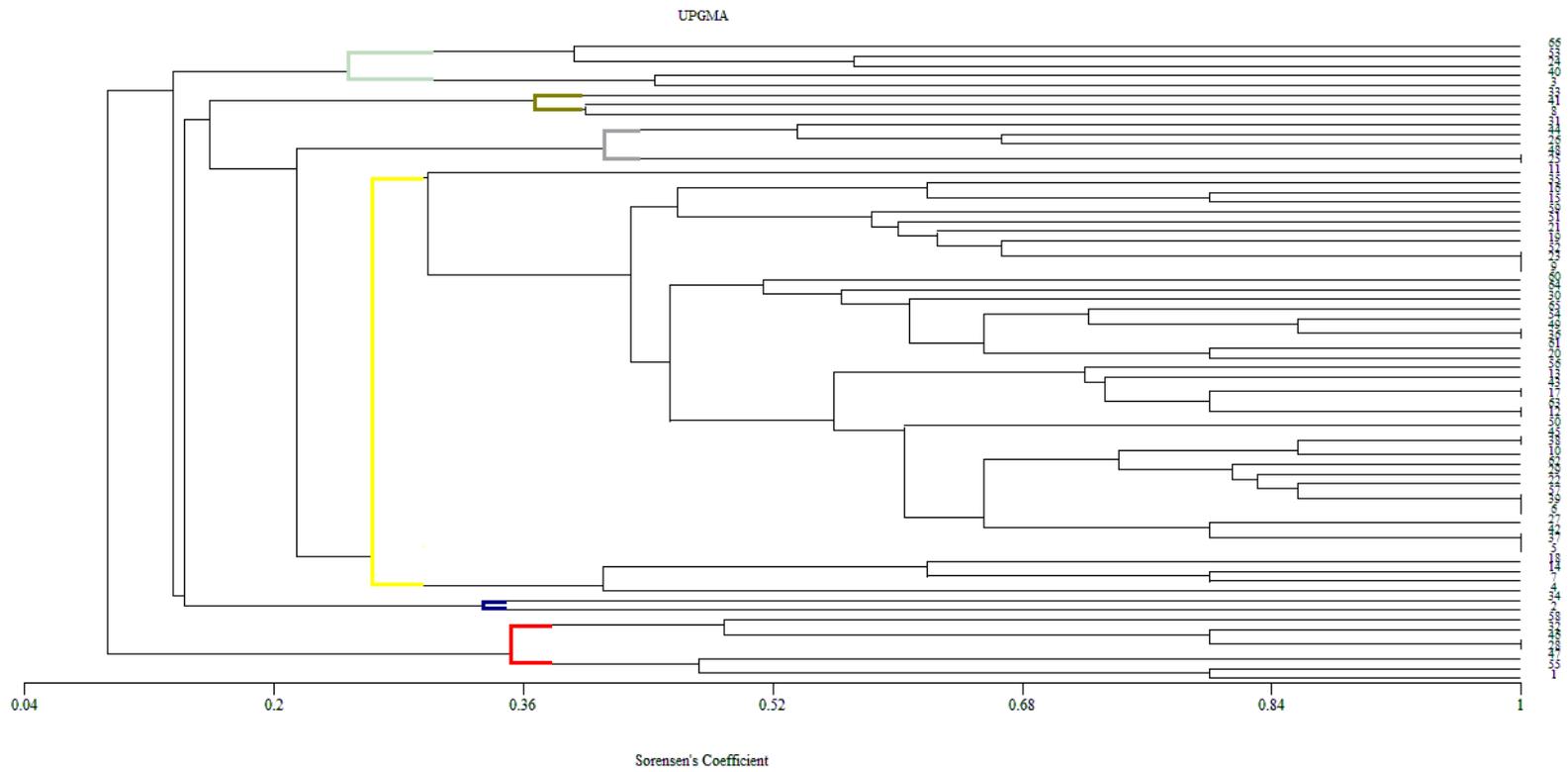


Figura 15. Gráfica de conglomerados para 16 variables ambientales y 66 transectos de vegetación de isla Monserrat. B. C. S. México.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La isla Monserrat presenta una topografía (geoformas) que le dan un carácter particular para el desarrollo de su vegetación, la cual no dista de ser distinta a la que se desarrolla en la mayor parte de la península de Baja California Sur, siendo considerada, junto con las otras islas del golfo, como uno de los ecosistemas insulares ecológicamente menos perturbado del mundo (Anónimo, 1999). El aislamiento geográfico de esta isla ha provocado que, en mayor o menor grado, la biodiversidad se encuentre aislada genéticamente (Salm y Clark, 1994), lo que ha favorecido un alto endemismo de plantas. Dado que los factores abióticos y bióticos de las islas del golfo de California son únicos para cada isla, no fue sorpresa encontrar una gran diversidad de flora en la isla en estudio, como ha ocurrido en otras islas en esta región (Wilder et al., 2008).

En este contexto, las especies aquí presentes son sensibles a daños provocados por el hombre y a eventos naturales, como huracanes, lo que clasifica a estos ecosistemas como frágiles.

Si bien la literatura que relaciona geomorfología y flora es aún escasa, resulta evidente su relación, lo cual implica un mayor entendimiento de los ecosistemas y de los procesos de desarrollo de las comunidades vegetales. En este sentido, Radhakrishnan et al. (1998) y Mueller-Dombois (1999) refirman la importancia de las geoformas en el estudio de la vegetación y de sus procesos de adaptación y desarrollo como una nueva estrategia para la investigación y conservación de los ecosistemas isleños. Por otra parte, García (1993), Osorio et al. (1996), Valiente-Banuet et al. (1995), López y Morales (1993), Key et al.

(1984) y McAuliffe et al. (1991 y 1994) mostraron la importancia de la relación de vegetación y geoformas en regiones continentales.

Los resultados muestran que las cañadas, fondos de cañada y arroyos de la isla presentan los índices de diversidad, abundancia de especies y promedios morfométricos más altos, así como, especies únicas; cabe mencionar que estas geoformas son las que presentan mayor actividad antrópica, en su mayoría por pescadores, quienes aprovechan el recurso, principalmente para combustible (observación personal). Se desconoce hasta el momento el daño que estas actividades tienen sobre estas geoformas y la vegetación que sustentan, por lo que éstas se pueden considerar como áreas críticas.

Este estudio sirve de base para entender los procesos de adaptación y distribución de las comunidades vegetales en condiciones geomórficas particulares, como es el caso de las islas del Golfo de Cortez. Es así, que las características abióticas y en particular las geológicas son importantes para considerarlas en la planificación de proyectos de conservación (Wilson, 1994; Sharples, 1998; Baretino et al., 1999, 2000; Osborne, 2000).

El presente estudio demuestra que se requiere un mayor conocimiento de los recursos presentes para permitir la continuación de los procesos biológicos y evolutivos, sobre todo, en ecosistemas frágiles como los isleños, a fin de realizar un mejor manejo del área, de tal manera que incida directamente en su conservación biológica, así como del paisaje, para el disfrute, esparcimiento y elevación de la calidad de vida de los habitantes y visitantes de esta isla.

RESUMEN

Tomando de base las geoformas presentes en la isla Monserrat (laderas, mesetas, terrazas marinas, cañadas, arroyos y playas), se identificó la distribución y abundancia de la flora presente. Para ello se establecieron 66 transectos de muestreo, registrando un total de 114 especies, pertenecientes a 92 géneros y 38 familias, incluidas en seis formas de crecimiento. Un total de 69 especies presentaron alguna categoría especial, 34 de ellas fueron endémicas y solo dos formaron parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que 12 están incluidas en los listados del CITES, 11 de las cuales son cactáceas. Las cañadas fueron las geoformas donde se obtuvieron los mayores Índices de Valor de Importancia, Shannon-Wiener, H' , IVI, y donde además se desarrollan especies únicas, con formas de crecimiento principalmente arbóreo. En contraste, las terrazas marinas presentan una comunidad de matorral xerófilo poco desarrollada. Las cañadas son las áreas de mayor afectación antrópica y fueron consideradas como sitios críticos.

Palabras clave: Parque Nacional Bahía de Loreto, áreas críticas, islas, conservación, listados florísticos, endemismo, tipos de vegetación.

ABSTRACT

Based on the geoforms of the Island Monserrat, a study of the description was carried out, distribution and revision of the status: endemics, Mexican Official Norm ECOL-059-2010 and CITES of the flora was carried out, for this study, vegetation belt transects as well as random sampling were established, registering a total of 114 plant, in 92 genera, and 38 families of vascular plants included in six growth forms; 69 species reported are under special category, of which 34 are endemic (peninsula or islands), 2 are in the NOM and 12 in CITES list. From 66 vegetation belt transects established in the study area, some indexes were obtained, which indicate a high diversity, resulting the gullies with the highest diversity indexes and important value indexes values and also with more species under a special category compared with other geoforms, and for instant, they can be considered as critical areas. The study of Monserrat island flora permits us to have a general knowledge of its natural resources in order to carrying out a better management, in such a way, directly in its biological conservation, to permit the continuation of the biological and process in it, under of most minimum human interference conditions.

Key words: Bahía de Loreto National Park, critical areas, conservation, floristic list, endemism, vegetation types.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1999. Programa de Manejo de las Islas del Golfo de California. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 216 p.
- Anónimo. 2005. Convenio Internacional para el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre. 2005. página de Internet: <http://www.cites.org/>.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Baretino, D., M. Vallejo, and E. Gallegos, 1999. Towards the Balances Management And Conservation of the Geological Heritage in the New Millenium. Madrid, Spain: Sociedad Geológica de España: 459 p.
- Baretino, D., W. A. P. Wimbledon, and E. Gallegos. 2000. Geological Heritage: its Conservation and Management. Madrid, Spain: Instituto Tecnológico Geominero de España: 212 p.
- Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend. 1986. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell, Oxford. 134 p.
- Bertram, E. A. 1989. Size-dependent differential scaling in branches: the mechanical design of trees revisited. *Trees*, 4: 241-253.
- Britt, A., C. Clubbe, and R. Tianjanahary. 2004. Conserving Madagascar`s plant diversity: kew`s Madagascar threatened plans project. The Board of

Trustees of the Royal Gardens, Kew. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. U.K.
258-266 pp.

- Case, T. J.; M. L. Cody and E. Ezcurra. 2002. *Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press. 669 p.
- Chavez, G. M. A. 1976. *Mexican Legislation on the Environment: its application in the Gulf of California*.
- Christensen, Howard, B. 1999. *Estadística, paso a paso*. Editorial Trillas. México. 682 p.
- Cody, M. L., J. Rebman, R. Moran, and H. J. Thompson. 2002. The plants. 66-111. In: Case, T. J., Cody, M. L. and Ezcurra, E. (eds.). *A New Island biogeography in the sea of Cortez*. Los Angeles, University of California Press. 669 p.
- Cody, M., R. Moran and H. Thompson. 1983. The plants. 49-97. In: Case, T. and Cody, M. L. (eds.). *Island biogeography in the sea of Cortez*. Los Angeles, *University of California Press*. 508 p.
- Demek, J., and Emblenton, C. 1978. *Guide to Medium-scale Geomorphological Mapping*. IGU, Commission on Geomorphological Survey and Mapping. E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 348 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 85 p.

- Donlan, C. J. and Wilcox, C. 2008. Diversity, invasive species and extinctions in insular ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1114–1123.
- Escós, J, C. L. Alados and J. M. Emlen. 1997. The impact of grazing on plant fractal architecture and fitness of a Mediterranean Shrub *Anthyllis cytisoides* L. *Functional Ecology*. 11: 66-78.
- Fairbridge, R. W. 1968. *Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Corp. 1295 p.
- Forman, R.T.T. and L. E. Alexander, 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29: 207-231.
- Forman, R.T.T., J. Bissonette, A. Clevenger, C. Cutshall, V. Dale, L. Fahrig, C. Goldman, K. Heanue, J. Jones, D. Sperling, F. Swanson, T. Turrentine and T. Winter. 2002. *Road ecology: Science and solutions*. Island Press, Washington.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 2ª Ed. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. México. 252 p.
- García, F. O. 1993. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del río Zapotitlán, Puebla. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 53-70 pp.
- Gastil, R. G. and D. Krummenacher. 1977. Reconnaissance geology of coastal Sonora between Puerto Lobos and Bahia Kino. *Geological Society of American Bulletin* 88: 189-198.

- Gastil, R. G., J. Minch and R. P. Phillips. 1983. The geology and ages of islands. In: T. J. Case and M. L. Cody (eds), *Island Biogeography in the sea of Cortez*. University of California Press. Berkeley; pp. 13-15.
- Gentry, H. S. 1949. Land plants collected by the Velero III. Allan Hancock Pacific Expeditions. 1937-1941. *Allan Hancock Pac. Exp.* 13: 3-245. pl. 1-15.
- González-Cortez, A. 1962. Una expedición a algunas islas del Golfo de Baja California. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 7: 61-71.
- Hernández, M. E. 1989. Condiciones climáticas del golfo de California y sus islas. *Boletín del Instituto del Geografía*. 20: 71-78.
- Hernández, S. R. 2004. Geomorfología. Ed. Félix Valera. La Habana, Cuba. 410 p.
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54: 187-211.
- Hutchings, M. J. 1991. The structure of plants population. In: Crawley, M. J. (ed.). *Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publication. 496 p.
- Huxley, J. S. 1932. *Problems of relative growth*. London: Methuen. 276 p.
- Johnston, I. M. 1924. The botany (the vascular plants) In: Expedition of the California Academy of Science to the Gulf of California in 1921. *Proceedings, California Academy of Science ser. iv.* 12: 951-1218.
- Junak, S.A. and Philbrick, R.. 1994. The vascular plants of Todos Santos Islands, Baja California, Mexico. Pages 407–428. In: W.L. Halvorson and G.J. Maender, editors. *The Fourth California Islands Symposium: update on the*

status of resources. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California.

- Junak, S.A., and Philbrick, R. 2000. Flowering plants of the San Benitos Islands, Baja California, Mexico. Pages 235–246. In: D. H. Browne, H. Chaney, and K. Mitchell, editors. Proceedings of the Fifth California Islands Symposium. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California.
- Key, L. J., L. F. Delph., D. B. Thompson and E. P. Van Hoogenstyn. 1984. Edaphic and the perennial plant community of Sonora Desert Bajada. *Southwestern Naturalist*. 29: 211-222.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row, New York. 268-290 p.
- Kugler.
- La Barbera, M. 1986. The Evolution and Ecology of Body Size. In: D. M. Raup and Jablonski, D. (eds.). *Patterns and Processes in the History of Life*. Springer-Verlag, Berlin. 69-98 p.
- León de La Luz, J. L. 1998. El ambiente terrestre: El marco geológico. In: Saenz, A. (ed.). *Monografía de las islas en la costa oriental de Baja California Sur: resultados del primer crucero*. La Paz, Baja California Sur, México. 51 p.
- León de la Luz, J. L., R. Coria y M. Domínguez. 1994. El conocimiento florístico actual. In: *Foro las islas del Golfo de California, sus recursos, usos y problemas*. Julio de 1994. La Paz, Baja California Sur; México.

- Leontiev, O. K. y G. I. Richagov. 1979. Geomorfología General. Ed. Escuela Superior. Moscú, URSS. 287 p.
- Lindsay, G. E. 1966. The Gulf Islands expedition of 1966. Proceedings, California Academy of Science. 30: 309-355.
- López, R. B. y F. O. Morales. 1993. Ecología del paisaje en la parte noroccidental de la Sierra Nevada. Investigaciones Geográficas: Boletín-Instituto de Geografía, UNAM. Special Issue. 75-87 pp.
- Mailliard, J. 1923. Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921. Proceedings, California Academy of Sciences. 12: 443-456.
- Mc. Arthur, R. H., and E. O. Wilson. 1967. The theory of Islands Biogeography. *Princeton University Press*. Princeton, New Jersey. 203 p.
- McAuliffe, J. R. 1991. Demographic shifts and plant succession along a late Holocene Soil chronosequence in the Sonoran Desert of Baja California. *Journal of Arid Environments*, 20, 165-178.
- McAuliffe. J. R. 1994. Landscape evolution, soil formation and ecological patterns and processes in Sonoran Desert Bajadas, *Ecological Monographs*, 64, 11-148.
- Mueller-Dombois, D. 1999. Biodiversity and environmental gradients across the tropical Pacific Islands: A new strategy for research and conservation. *Naturwissenschaften*. 86: 253-261.

- Ortega, R. A. y V. A. Castellanos. 1994. La isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Publicación No. 8. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. 359 p.
- Osborne, R. A. L. 2000. Geodiversity: “green” geology in action. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales. 122: 149-173.
- Osorio, O. B., A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina. 1996. Tipos de vegetación y diversidad beta en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Bol. Soc. Bot. 59: 35-58.
- Peinado, M., Delgadillo, J. and Aguirre, J.L. 2005. Plant associations of El Vizcaíno biosphere reserve, Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 50: 129-149.
- Radhakrishnan, K., A. G. Pandurangan, S. Rajasekharan and P. Pushpangadan. 1998. Ecofloristic studies of Lakshadweep Islands, India. *Journal of Economic and Taxonomic Botany*. 22: 37-48.
- Rich, P. M., K. Helenurm, D. Kearns, S. R. Morse, M. W. Palmer and L. Short. 1986. Height and stem diameter relationships for dicotyledonous trees and arborescent palms of Costa Rican tropical wet forest. *Bulletin Torrey Botany Club*. 113: 241-46.
- Richter, C. F. 1935. An instrumental earthquake magnitude scale, Bull. Seismol. Soc. Am., 25: 1-32.
- Rose, J. N. 1892. List of plants collected by Dr. Edward Palmer in 1890 on Carmen Island. *Contrib. U. S. Natl. Herb.* 1:129-134, pl. 12-14.
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa, D. F. 186 p.

- Salm R. and R. Clark. 1994. A Guide for Managing Marine Protected Area. I. U. C. N. Gland, Switzerland. 222 pp.
- Seco, H. R. 2004. Geomorfología. Ed. Felix Valera. 410 pp. Seco, H. R. 1982. Geomorfología: Procesos exogénicos, MES. Cuba, 157 p.
- Secretaría de Gobernación-UNAM. 1988. Islas del Golfo de California. *Secretaría de Gobernación*. 292 p.
- Secretaría de Marina. 1987. Islas Mexicanas: Régimen Jurídico y Catálogo.
- SEMARNAP. 1999. Programa de Manejo de las Islas del Golfo de California. 216 p.
- Sharples, C. 1998. Concepts and Principles of Geoconservation. Tasmania, Australia: Parks and Wildlife Services. Department of Environment and Land Management. Tasmania, Australia. 86 p.
- Shreve, F. and I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. 2 vols. Stanford University Press. 1740 p.
- Sociedad de Historia Natural de Niparajá, A. C; Universidad Autónoma de Baja California Sur y Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, A. C. 1998. Diagnóstico Ambiental de Baja California Sur. *Taller de Artes gráficas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur*, México. 443 p.
- Sokal, Robert, R., and Rohlf, F. James. 1995. Biometry. 3d ed. W. H. Freeman and Company. New York. 887 p.
- Tricart, J., and Cailleaux, K de J. 1972. Ecogeography and rural management: a contribution to the international geosphere-biosphere programme. Logman Sci. and Technical, 267 pp. UK.

- Twidale, C. R. 1968. *Geomorphology*. Thomas Nelson. Australia, Ltd., 406 p.
- Valiente-Banuet, A., Dávila, P., Arizmendi, M. C., León, J.L., Breceda, A. and Cancino, J. 1995. Influencia de la evolución de una pendiente de piemonte en una vegetación de cardonal de *Pachycereus pringlei* en Baja California Sur, México. *Investigaciones Geográficas*. Número especial 3: 101-113.
- Vasey, G., and J. N. Rose. 1890. List of plants collected by Dr. Edward Palmer in Lower California y Western Mexico in 1890. *Contrib. U. S. Natl. Herb.* 1: 63-90.
- Wiggins, I. L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. 1706 p.
- Wilder B. T., R. S. Felger and H Romero-Morales. 2008. Succulent plant diversity of the Sonoran islands, Gulf of California, Mexico. *Haseltonia*. 14: 127–160.
- Wilson, C. 1994. *Hearth Heritage Conservation*. Milton Keynes, UK: The Open University: 222 p.
- Zar, Jerrold, H. 2010. *Biostatistical Analysis*, 5h Ed. Prentice-Hall Pearson. 944 p.

Anexo I. Listado Florístico.

FAMILIA								
Clave de								
la especie	Nombre de la especie	Nombre Común	F. C.	Fenología	Condición	NOM	CITES	
	ACANTHANTACEAE							
CARARI	<i>Carlwrightia arizonica</i> A. Gray		Hp	Mar-may				
	AIZOACEAE							
SESVR	<i>Sesuvium verrucosum</i> Raf.		Hp	Abr-nov	1 especie			
TRIPOR	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.		Ab	Jun-nov	1 especie			
	ASCLEPIADACEAE							
ASCALB	<i>Asclepias albicans</i> S. Wats.		Hp	Mar-jun				
				Después de				
CYNPAL	<i>Cynanchum palmeri</i> (S. Wats.) S. F. Blake		Hp	lluvias	Endémica			
MATPRI	<i>Matelea pringlei</i> (A. Gray) Woodson		Tr	Ago-mar				
	ASTERACEAE (COMPOSITAE)							
BEBJUN	<i>Bebbia juncea</i> (Benth.) Green var. <i>juncea</i>	Appan	Hp	Todo el año				
BRIGLA	<i>Brickellia glabrata</i> (Rose) B. L. Robinson		Hp	Oct-mar	Endémica			
COUCAP	<i>Coulterella capitata</i> Vasey & Rose		Ab	Oct-may	Endémica,			
					1 especie			
ENCFAR	<i>Encelia farinosa</i> Torr. & A. Gray var. <i>Phenocodonta</i> (S.	Incienso	Hp	Sep-may				

	F. Blake.) I. M. Jhtn.			
HOFFAS	<i>Hofmeisteria fasciculata</i> (Benth.) Walp. var. <i>Fasciculata</i>	Hp	Ene-ago	Endémica
MACPIN	<i>Machaeranthera pinnatifida</i> (Hook) Shinnery var. <i>incisifolia</i> (I. M. Jhtn.) Turner & Hartman	Hp	Mar-jul	
PALLEU	<i>Palafoxia leucophylla</i> A. Gray	Hp		
PERAUR	<i>Perityle aurea</i> Rose	Hp	Jun-may	Endémica
PERCRA	<i>P. crassifolia</i> var. <i>Robusta</i> (Rydb.) Eyerly	Hp	Todo el año	Endémica
PERINC	<i>P. incompta</i> Brandegee	Ha	Nov-jun	Endémica
PORCRA	<i>Porophyllum crassifolium</i> S. Wats.	Hp	Feb-abr	Endémica
PORGRA	<i>P. gracile</i> Benth.	Hp	Mar-oct	
ASTERACEAE (COMPOSITAE) (Continuación)				
POROCH	<i>P. ochroleucum</i> Rydb.	Hierva del Venado	Después de lluvias	Endémica
PORTRI	<i>P. tridentatum</i> Benth.	Hp	Nov-abr	Endémica
	<i>Viguiera deltoidea</i> var. <i>chenopodina</i> (Greene) S. F.			Endémica
VIGDEL	Blake	Ab	Feb-may	
BORAGINACEAE				
CRYFAS	<i>Cryptantha fastigiata</i> I. M. Johnst.	Ha	Mar-abr	Endémica
	<i>Heliotropium curassavicum</i> L. var. <i>oculatum</i> (Heller) I.			
HELCUR	M. Jhtn.	Hp	Todo el año	

BRASSICACEAE						
LEPLAS	<i>Lepidium lasiocarpum</i> Nutt. Ex Torr. & A. Gray			Ha		
BUDDLEJACEAE						
					Después de	
BUDCOR	<i>Buddleja corrugata</i> M. E. Jones ssp. <i>corrugata</i>			Hp	lluvias	Endémica
BURSERACEAE						
BURHIN	<i>Bursera hindsiana</i> (Benth.) Engler	Copal		Ar	Sep-oct	
BURMIC	<i>B. microphylla</i> A. Gray	Torote Rojo		Ar	Jul-ago	
BUXACEAE (SIMMONDSIACEAE)						
SIMCHI	<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) Schneider					Género
		Jojoba		Ab	Feb-may	monotípico
CACTACEAE						
COCPOS	<i>Cochemia poselgeri</i> (Hildmann) Britt. & Rose			Su	Jul-ago	Endémica
CYLALC	<i>Cylindropuntia alcahes</i> (F. A. C. Weber) F. M. Knuth in Backeb. & F. M. Knuth	Clavellina		Su		II
	<i>C. cholla</i> (F. A. C. Weber) F. M. Knuth in Backeb. & F. M. Knuth	Cholla		Su	Abr-may	II
CACTACEAE (Continuación)						
FERDIG	<i>Ferocactus diguetii</i> (Weber) Britt. & Rose var. <i>diguetii</i>					Endémica
		Biznaga		Su	Mar-may	a las islas II

LOPSCH	<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britt. & Rose	Garambullo	Su	Abr-ago		II
MAMDIO	<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegee	Viejito	Su	Abr-jul		II
OPUBUR	<i>Opuntia burrageana</i> Britt. & Rose		Su	Abr-may	Endémica	II
OPUTAP	<i>O. tapona</i> Engelm. ex J. M. Coult.	Nopal	Su	Abr-may	Endémica	II
PACPRI	<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Wats.) Britt. & Rose	Cardón Pelón	Su	Abr-jun		II
PENJOH	<i>Peniocereus johnstonii</i> Britt. & Rose				Endémica,	
			Su	Feb-mar	1 especie	II
PENSTR	<i>P. striatus</i> (Brandegee) Buxbaum	Rajamatraca	Su	Julio		
STEGUM	<i>Stenocereus gummosus</i> (Engelm.) A. Gibs. & Horak	Pitaya Agria	Su	Jul-ago		II
STETHU	<i>S. thurberi</i> (Engelm.) F. Buxbaum	Pitaya Dulce	Su	Abr-jul		II
CAPPARIDACEAE (CAPPARACEAE)						
CAPEMA	<i>Capparis emarginata</i> Miers				Género	
			Ab	Mar-abr	monotípico	
CELASTRACEAE						
MAYPHY	<i>Maytenus phyllanthoides</i> Benth.					
		Mangle Dulce	Ar	Abr-nov	1 especie	
CHENOPODIACEAE						
ALLOCC	<i>Allenrolfea occidentalis</i> (S. Wats.) Kuntze				Género	
			Ab	Jun-ago	monotípico	
ATRBAR	<i>Atriplex barclayana</i> (Benth.) D. Dietr.	Cenizo	Hp	Feb-jun		

(Chamizo)

CONVOLVULACEAE					
CRETRU	<i>Cressa truxillensis</i> H. B. K.		Hp	Mar-sep	1 especie
CUCURBITACEAE					
VASINS	<i>Vaseyanthus insularis</i> var. <i>insularis</i> (S. Wats.) Gentry		Hp	Nov-abr	Endémica
EUPHORBIACEAE					
				Después de	
BERVIR	<i>Bernardia viridis</i> Millsp.		Ab	lluvias	
CROVIR	<i>Croton californicus</i> Benth.	Malva	Hp		
CROMAG	<i>C. magdalenae</i> Millsp.		Ab	Ene-jun	Endémica
DITLAN	<i>Ditaxis lanceolata</i> (Benth.) Pax & K. Hoffm.		Hp	Feb-oct	
EUPARI	<i>Euphorbia arizonica</i> Engelm.		Hp	Mar-nov	
EUPMAG	<i>E. magdalenae</i> Benth.		Hp	Feb-oct	Endémica
EUPPED	<i>E. pediculifera</i> Engelm. var. <i>pediculifera</i>		Hp	Feb-sep	
				Después de	
EUPPOL	<i>E. polycarpa</i> Benth. var. <i>Johnstonii</i> L. C. Wheeler		Hp	lluvias	Endémica
EUPSET	<i>E. setiloba</i> Engelm.		Ha	Mar-nov	
EUPXAN	<i>E. xantii</i> Engelm.		Hp	Dic-abr	Endémica II
JATCIN	<i>Jatropha cinerea</i> (C. G. Ortega) Muell.-Arg. in DC.				
		Lomboy Blanco	Ab	Abr-ago-oct	

JATCUN	<i>J. cuneata</i> Wiggins & Rollins.	Matacora	Ab	Jul-ago	
PEDMAC	<i>Pedilanthus macrocarpus</i> Benth.	Candelilla	Ab		1 especie
FOUQUIERACEAE					
FOUDIG	<i>Fouquieria diguetii</i> (Van Tieghem) I. M. Johnst.	Palo Adán	Ab	Ene-may	
FABACEAE (LEGUMINOSAE)					
AESNIV	<i>Aeschynomene nivea</i> Brandegee		Ab	Nov-abr	Endémica
CERMIC	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & Jhtn.	Dipua	Ar	Mar-may	
CERPRA	<i>C. praecox</i> (Ruiz & Pavon) Harms	Palo Brea	Ar	Mar-may	
DESFRO	<i>Desmanthus fruticosus</i> Rose	Palo Dai	Ab	Ago-oct	Endémica
LYSCAN	<i>Lysiloma candida</i> Brandegee	Palo Blanco	Ar	Mar-may	Endémica
MARPAR	<i>Marina parryi</i> (T. & G.) Barneby		Hp		
OLNTES	<i>Olneya tesota</i> A. Gray				Género
		Palo Fierro	Ar	May-jun	monotípico Pr
EBECON	<i>Ebenopsis confinis</i> (Standley) Barneby et Grimes	Ejoton	Ar	Feb-abr	Endémica
PROART	<i>Prosopis articulata</i> S. Wats.	Mezquite	Ar	Ene-jun	
SENCON	<i>Senna confinis</i> (Green) Irwin & Barneby		Ab		
				Después de	
PHAFIL	<i>Phaseolus filiformis</i> Benth.		Ha	lluvias	
PSOARE	<i>Psoralea emoryi</i> (A. Gray) Rydb. var. <i>arenarius</i> (Brandegee) Barneby		Hp		

PSOEMO	<i>P. emoryi</i> (A. Gray) Rydb. var. <i>emoryi</i>		Hp		
	HYDROPHYLLACEAE				
PHASCA	<i>Phacelia scariosa</i> Brandegee		Ha	Nov-abr	Endémica
	LAMIACEAE (LABIATAE)				
SALPLA	<i>Salvia platychelia</i> A. Gray		Hp	Sep-feb	Endémica a las islas
	LOASASEAE				
MENADH	<i>Mentzelia adhaerens</i> Benth.		Ha	Oct-jun	Endémica
	MALPIGHIACEAE				
JANCAL	<i>Janusia californica</i> Benth.		Tr	Ene-sep Después de	
MASMAC	<i>Mascagnia macroptera</i> (Sessé & Moc.) Niedenzu		Ab	lluvias	1 especie
	MALVACEAE				
GOSDAV	<i>Gossypium davidsonii</i> Kellogg		Ab	Sep-may	
GOSHAR	<i>G. harknessii</i> Brandegee	Algodón Cimarron	Ab	Oct-may	Endémica
HIBDEN	<i>Hibiscus denudatus</i> Benth.		Hp	Ene-oct	
SPHHAI	<i>Sphaeralcea hainesii</i> Brandegee		Hp	Feb-abr	Endémica
	MARSILEACEAE				
MARFOU	<i>Marsilea fournieri</i> C. Christ.		Ha	Después de	1 especie

				Iluvias		
MORACEAE						
FICPAL	<i>Ficus palmeri</i> S. Wats.	Zalate	Ar	Dic-Abr		
NYCTAGINACEAE						
ABRMAR	<i>Abronia maritima</i> Nutt.		Hp	Feb-oct		
ALLINC	<i>Allionia incarnata</i> L.		Hp	Abr-sep	1 sp.	
PASSIFLORACEAE						
PASARI	<i>Passiflora arida</i> (Mast. & Rose) Killip. var. <i>arida</i>		Tr	Feb-oct		
PHYTOLACCACEAE						
PHASPI	<i>Phaulothamnus spinescens</i> A. Gray					Genero
			Ab	Jul-ago		monotípico
STEHAL	<i>Stegnosperma halimifolium</i> Benth.	Amole	Ab	Oct-may	1 sp.	
POACEAE (GRAMINEAE)						
ARIADS	<i>Aristida adscensionis</i> L.		Ha	Feb-jun		
BOUBAR	<i>Bouteloa barbata</i> Lag.		Ha	Jul-oct		
BOUREF	<i>B. reflexa</i> Swallen		Hp			
						Mar-abr y Ago-
CENPAL	<i>Cenchrus palmeri</i> Vasey		Ha	oct		
CHLBRA	<i>Chloris brandegeei</i> (Vasey) Swallen		Hp	Mar-oct		Endémica
HETCON	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Beauv. ex Roem. & Schult.		Hp	Sep-oct	1 sp.	

JOUPIL	<i>Jouvea pilosa</i> (Presl) Scribn.	Gramma	Hp	Jun-sep	1 sp.	
MUHMIC	<i>Muhlenbergia microsperma</i> (DC.) Kunth		Ha	Mar-may		
SPOMIC	<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth		Hp	Jun-oct		
POLYGONACEAE						
ANTLEP	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.					
		San Miguelito	Tr	Abr-nov	1 sp.	
RHAMNACEAE						
COLVIR	<i>Colubrina viridis</i> M. E. Jones			Feb-may y		
		Palo Colorado	Ab	Sep-oct		
RHIZOPHORACEAE						
RHIMAN	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangle Rojo	Ar	Mar-nov	1 sp.	Pr.
RUBIACEAE						
HEDBRE	<i>Hedyotis brevipes</i> (Rose) W. H. Lewis		Hp			
HEDMUC	<i>H. mucronata</i> Benth.		Hp			
SAPINDACEAE						
CARCOR	<i>Cardiospermum corindum</i> L.	Tronadora	Tr	Todo el año		
SCROPHULARIACEAE						
ANTLEP	<i>Antirrhinum cyathiferum</i> Benth.		Hp	Oct-may		
LINTEX	<i>Linaria texana</i> Scheele		Hp	Mar-Jun	1 sp.	
GALJUN	<i>Galvezia juncea</i> (Benth.) Ball. var. <i>pubescens</i>		Hp	Mar-nov	Endémica	

(Brandege) I. M. Johnst.

SOLANACEAE

DATDIS *Datura discolor* Bernh. Toloache Ha Mar-oct
Lycium berlandieri Dunal var. *peninsulare* (Brandege)

LYCBER C. L. Hitchc. Frutilla Ab Mar-sep

SOLHIN *Solanum hindsianum* Benth. Mariola Ab Ago-abr

VERBENACEAE

CITFLA *Citharexylum flabellifolium* S. Watson. Pimentillón Ab Sep-mar

LIPPAL *Lippia palmeri* S. Wats. var. *palmeri* Orégano Hp Oct-abr

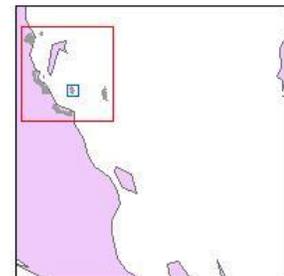
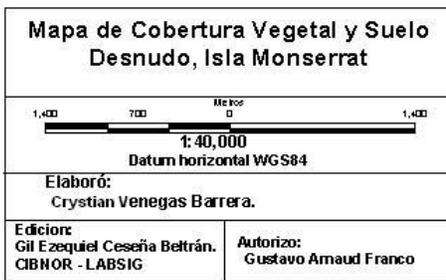
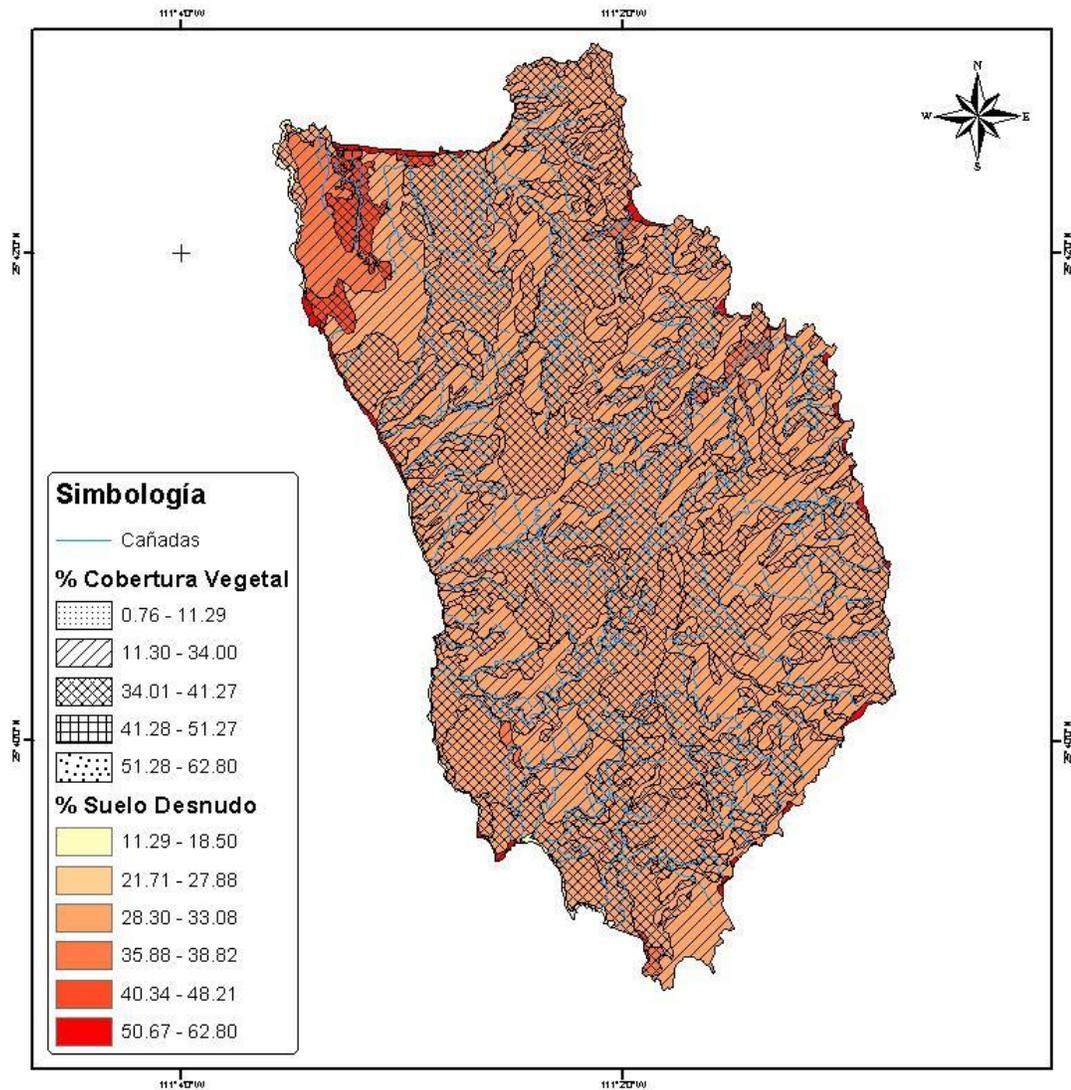
ZYGOPHYLACEAE

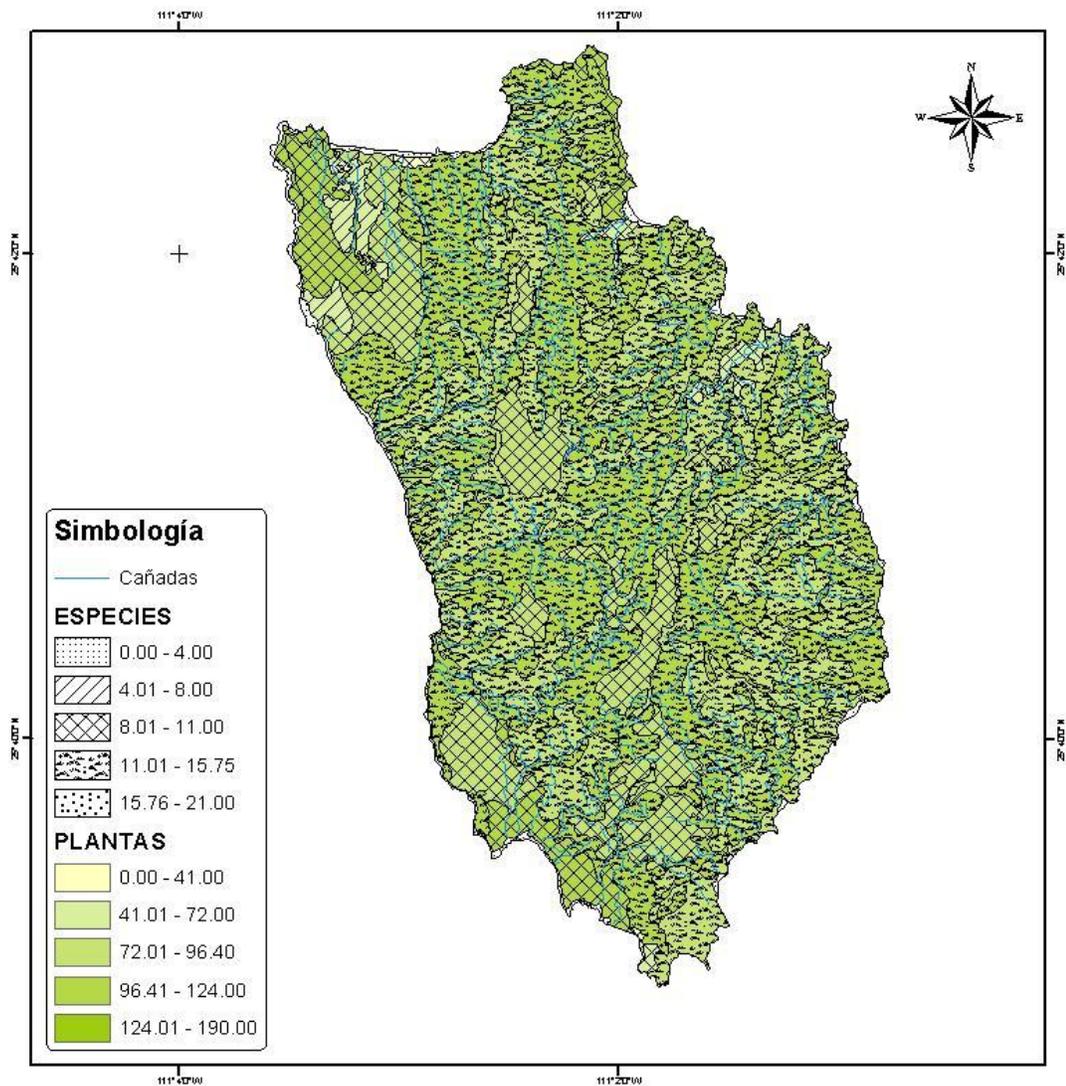
FAGBAR *Fagonia barclayana* (Benth.) Rydb. Hp Nov-jun

*F.C.: Forma de Crecimiento, Ar: Árbol, Ab= Arbusto, Hp= Herbácea perenne, Ha: Herbácea anual, Tr:

Trepadora, Su: Suculenta.

Anexo II. Mapas isla Monserrat





Mapa de Diversidad de Especies y Número de Plantas, Isla Monserrat

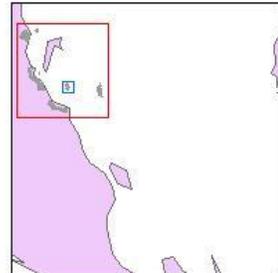
1,400 700 0 700 1,400
Metros

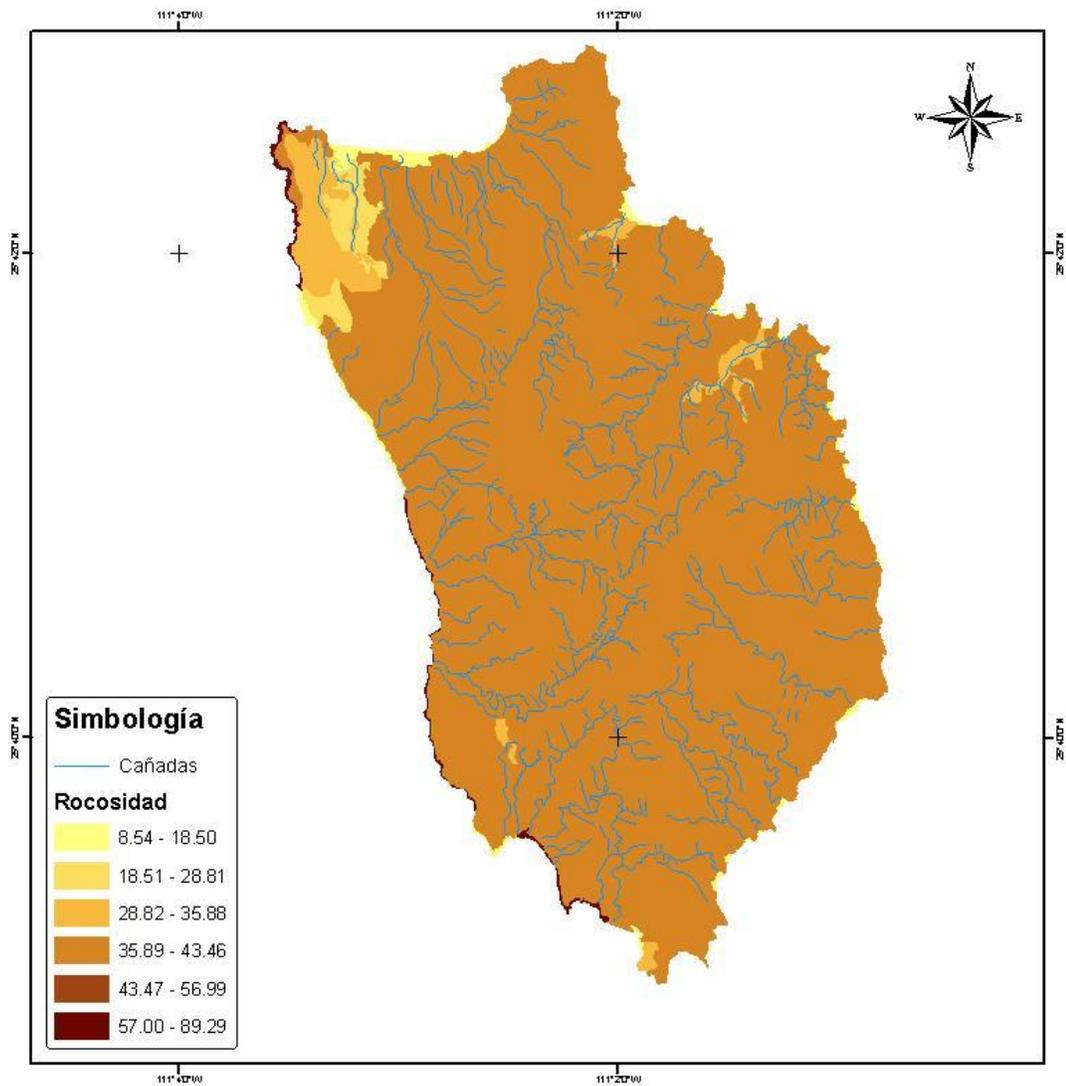
1:40,000

Datum horizontal WGS84

Elaboró:
Crystian Venegas Barrera

Edición: Gil Ezequiel Ceseña Beltrán. CIBNOR - LABSIG	Autorizo: Gustavo Arnaud Franco
--------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------





Mapa de Rocosisidad Isla Monserrat

1,400 700 0 700 1,400
 Metros

1: 40,000
 Datum horizontal WGS84

Elaboró:
 Crystian Venegas Barrera

Edición: Gil Ezequiel Ceseña Beltrán. CIBNOR - LABSIG	Autorizo: Gustavo Arnaud Franco
--------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

