

La vegetación del noroeste de Baja California en el contexto de la inestabilidad ambiental

The vegetation of northwestern Baja California in the context of environmental instability

STEPHEN H. BULLOCK

Departamento de Ecología. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Apartado Postal 2732, 22800 Ensenada, Baja California, México, e-mail: sbullock@cicese.mx

RESUMEN

Esta reseña cuestiona si la vegetación del noroeste de Baja California está adaptada al clima actual y como está afectada por cambios en los patrones de herbivoría, fuego o uso del suelo por el hombre. Tomando perspectivas diversas de tiempo, espacio y disciplinas, se trata de señalar la importancia de la inestabilidad ambiental para los ecosistemas de la región. Las adaptaciones de las plantas y la fisonomía de la vegetación no son productos del clima mediterráneo. Las asociaciones vegetales probablemente han sido y son transitorias; muchas especies "características" de esta vegetación se distribuyen ampliamente fuera del clima mediterráneo. La vegetación está afectada por incendios, relativamente frecuentes y pequeños comparado con Alta California, pero todavía se entiende poco de los patrones y las causas de los incendios y menos de sus impactos sobre la flora y el funcionamiento de los ecosistemas. Parece que la vegetación ha sufrido poco impacto por los típicos usos extensivos de la tierra. A su vez, el mayor valor de la vegetación radicaría no en sus productos sino en su papel controlador del régimen hidrológico y de la erosión. Problemas serios de conservación se presentan con el desarrollo intensivo en las tierras relativamente planas, costeras o cercanas a los arroyos y posiblemente con el fuego.

Palabras clave: ecosistemas mediterráneos, cambio climático, manejo de cuencas, fitogeografía, perturbación.

ABSTRACT

This brief review questions if the vegetation of northwestern Baja California is adapted to the present climate and how it may be affected by changes in herbivores, fire patterns and human uses of the land. Taking diverse perspectives with regard to time, space and discipline, it tries to indicate the importance of environmental instability for ecosystems of the region. Plant adaptations and vegetation physiognomy are not products of the Mediterranean-type climate. Plant associations probably have been and are transitory, and many characteristic species are widely distributed outside the Mediterranean climate. The vegetation is affected by fires, which are frequent and small compared to California, but little is known about the pattern or causes of fires and less about its impact on the flora and ecosystem functions. Apparently the vegetation has suffered little from typical extensive land use systems, but the vegetation is less important economically for its products than for its role in the hydrological regime and erosion control. Serious conservation problems result from intensive development of relatively flat terrain, the coastal zone, areas near water sources, and possibly from fires.

Key words: mediterranean ecosystems, climate change, watershed management, phytogeography, perturbation.

INTRODUCCION

La región noroeste del Estado de Baja California típicamente es incluida en la bioregión californiana con clima tipo mediterráneo. En este contexto, uno busca

aprovechar el gran acervo de estudios ecológicos realizados a decenas o cientos de kilómetros al norte, pero al mismo tiempo se cuestiona sobre sesgos de los paradigmas heredados y sobre la relevancia de resultados específicos. Con respecto

a esto último, por ejemplo, se ha reconocido que Baja California presenta importantes rasgos particulares, como son la transición a condiciones más áridas que afecta tanto su flora y vegetación (Shreve 1936, Epling & Lewis 1942) como su desarrollo agropecuario y urbano (Paredes Arellano 1988), la relación entre su historia tectónica y su flora (Axelrod 1978, 1979, 1989) y los patrones de uso de la tierra que recientemente son muy distintos del vecino Estado de California (Minnich & Franco-Vizcaíno 1998).

Este ensayo es una muy breve reseña que trata de señalar y relacionar algunas evidencias, originadas de disciplinas diversas, que podrían usarse para caracterizar la región por su variabilidad espacial y temporal en los factores que afectan las plantas. Se propone iniciar el cuestionamiento sobre la identificación de un ecosistema, vegetación o especies particulares con el clima regional actual, sobre el impacto que tienen las actividades humanas, sobre su estabilidad ecológica y la importancia de las escalas de tiempo y espacio. Primero se tratan evidencias sobre los cambios climáticos experimentados, en escalas de millones hasta decenas de años. Luego se trata la diversidad de climas que la flora ha experimentado, tomando indicaciones de la fitogeografía. Esto lleva a consideraciones sobre la composición e integración de comunidades y sobre factores que afectan a la estructura y dinámica de la vegetación, principalmente herbívoros, el fuego y sistemas recientes de explotación extensiva.

Esta reseña depende en buena parte de evidencias históricas, pero su mira es hacia el futuro. En este contexto y considerando los contrastes con Chile y California, es preciso comentar sobre las perspectivas para la conservación de la vegetación en relación con actividades del hombre. Afortunadamente no pareciera haber tanto conflicto entre el uso de la tierra y la conservación como en el vecino Estado de California, donde la lucha territorial e ideológica entre el uso y la conservación resulta en un paisaje fractal (Davis et al. 1995) Por la misma aridez, difícil topografía y factores económicos-culturales, los usos extensivos no llegan comunmente a ser intensivos

en Baja California (ver abajo) y parece factible sostener el uso y condiciones seminaturales, a excepción donde se maneja caprinos (Moran 1996) o se da la agricultura o el urbanismo. Esta situación puede llegar a modificarse como resultado de cambios recientes en las leyes federales sobre tenencia de la tierra y sistemas de manejo (SEMARNAP 1996). Sin embargo, el panorama general probablemente seguirá siendo que los problemas y conflictos aumentan drásticamente, donde hay o puede haber agua, hacia la costa (Gómez-Morin et al. 1993) y sobre terrenos relativamente planos (ver abajo). La nomenclatura botánica en este ensayo sigue a Wiggins [1980].

El contexto geofísico

Antes de comentar cuestiones ecológicas, es preciso esbozar el contexto geofísico (Gastil et al. 1975, Bohannon & Parsons 1995). En el margen oriental de la placa tectónica Pacífica hay una franja angosta de costra continental que, por ahora, se extiende de los 23° a los 39° latitud N; esta viene desplazándose al noroeste durante todo el Cenozoico. Estratos del Eoceno en el noroeste de Baja California señalan que el clima fue tropical subhúmeda, cambiando a semiárido (<630 mm precipitación; Peterson & Abbott 1979). Hay evidencias de aguas marinas al este del actual cordillera en el Mioceno, mucho antes de que empezó el ensanchamiento del Mar de Cortés por la expansión de costra marina (4-6 Ma A.P.). Entre las rocas superficiales, cerca de la base (norte) de la península, destacan las metasedimentarias del Mesozoico y del Paleozoico y también granitos del batolito que forma la Cordillera Peninsular (notablemente las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir). No se sabe a detalle la historia del levantamiento de dicha cordillera, aunque se supone su inicio en el Plioceno tardío. Tampoco se sabe la historia de los cambios en la distribución y extensión de las tierras sobre el nivel del mar.

La presencia de las sierras aumenta la lluvia de sistemas frontales sobre la vertiente del Pacífico (Fig. 1). Se considera como una región de ecosistemas tipo medi-

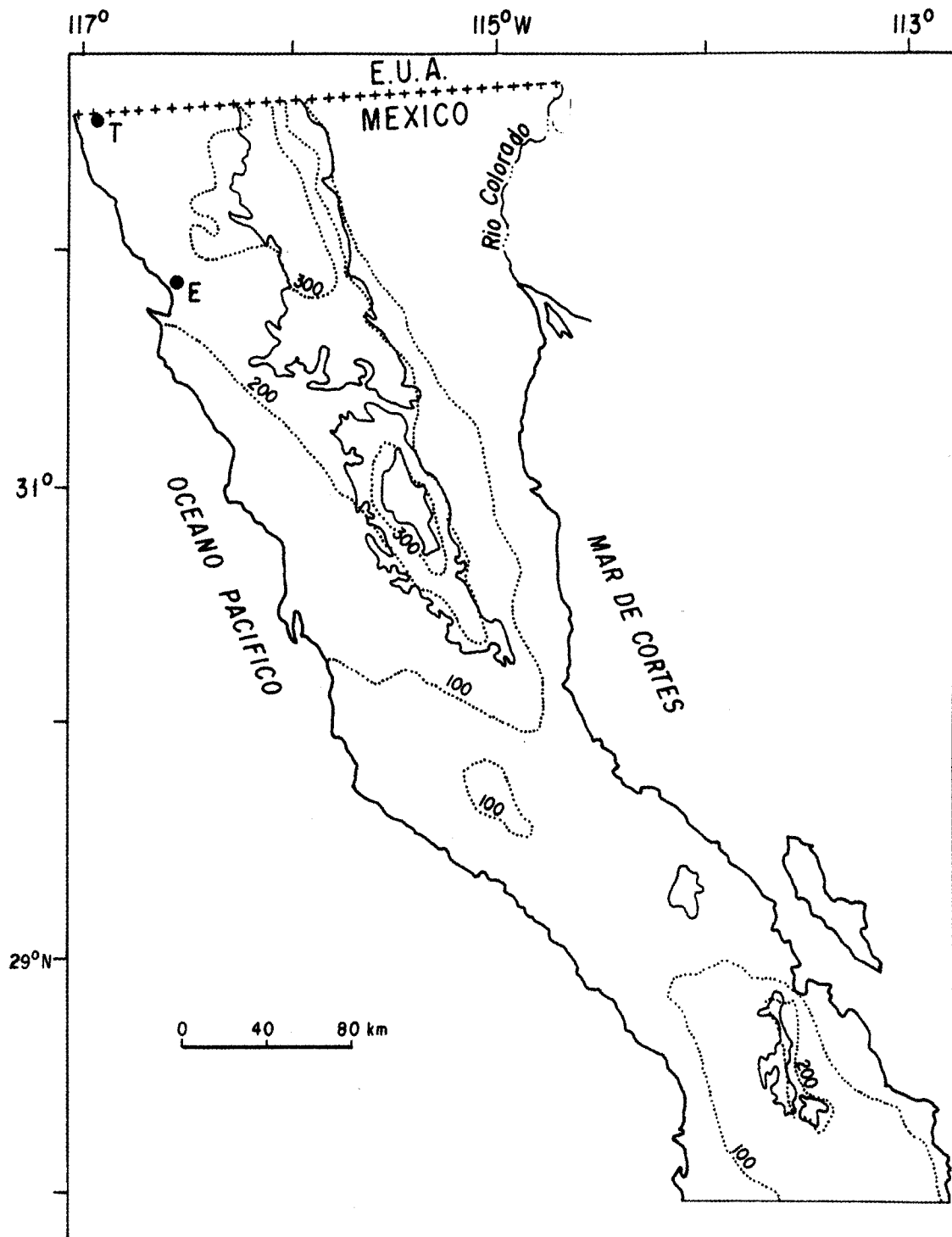


Fig. 1. Mapa del Estado de Baja California, México, mostrando sus costas, topografía (1.000 y 2.000 m) y el patrón de precipitación anual promedio (isohyetas de 100, 200 y 300 mm). No se muestran las islas del Pacífico ni las pequeñas del Mar de Cortés. E: Ensenada; T: Tijuana. Fuente: INEGI (1996).

Map of the State of Baja California, México, showing its coasts, topography (1,000 and 2,000 m) and the pattern of mean annual precipitation (isohyets of 100, 200 and 300 mm). The Pacific islands and smaller islands of the Mar de Cortés are not shown. E: Ensenada; T: Tijuana. Source: INEGI (1996).

terráneo la vertiente del Pacífico desde la frontera hasta c. 30°N, donde termina la cordillera. La mayor parte del noroeste recibe de más de 200 mm de precipitación anual y se estima que el promedio supera los 500 mm en pequeñas áreas de las sierras (Fig. 1). La mayor parte de la precipitación cae entre octubre y abril (Mosiño Alemán & García 1974), pero se han registrado lluvias apreciables en el verano (e.g. >50 mm en Ensenada [31,87°N] en 3% de los 67 años con datos, 1894-1994). La precipitación total anual disminuye de norte al sur, en forma continua y casi lineal desde San Francisco, California (491 mm, 37,36°N) hasta Rosarito (129 mm, 28,63°N). Según el sistema de climadiagramas (Walter et al. 1975), se experimenta cinco meses por año con algún "exceso" de precipitación en Los Angeles, dos meses en Ensenada y ninguno en El Rosario (30,06°N) donde se marca, de costumbre, el límite del clima tipo mediterráneo.

Variación climática

Los patrones climáticos son de mucha importancia en la historia evolutiva de las plantas, en la estructura de la vegetación y la dinámica de las poblaciones. Esta sección considera tiempos geológicamente recientes con especies modernas (Warter 1976). Los datos nos indican que no podemos considerar estable el patrón registrado en el último siglo. Es cada vez más evidente que la misma variabilidad climática no es constante, aún sin tomar en cuenta futuros cambios climáticos de origen antropogénico.

Durante el Pleistoceno el clima ha experimentado cambios notables. Aparentemente, las condiciones fueron mucho más húmedas entre 50 - 10 ka A.P., por lo menos con mayor precipitación si no también con menos evaporación. Estas conclusiones se basan en las fluctuaciones de los niveles de los lagos de los actuales

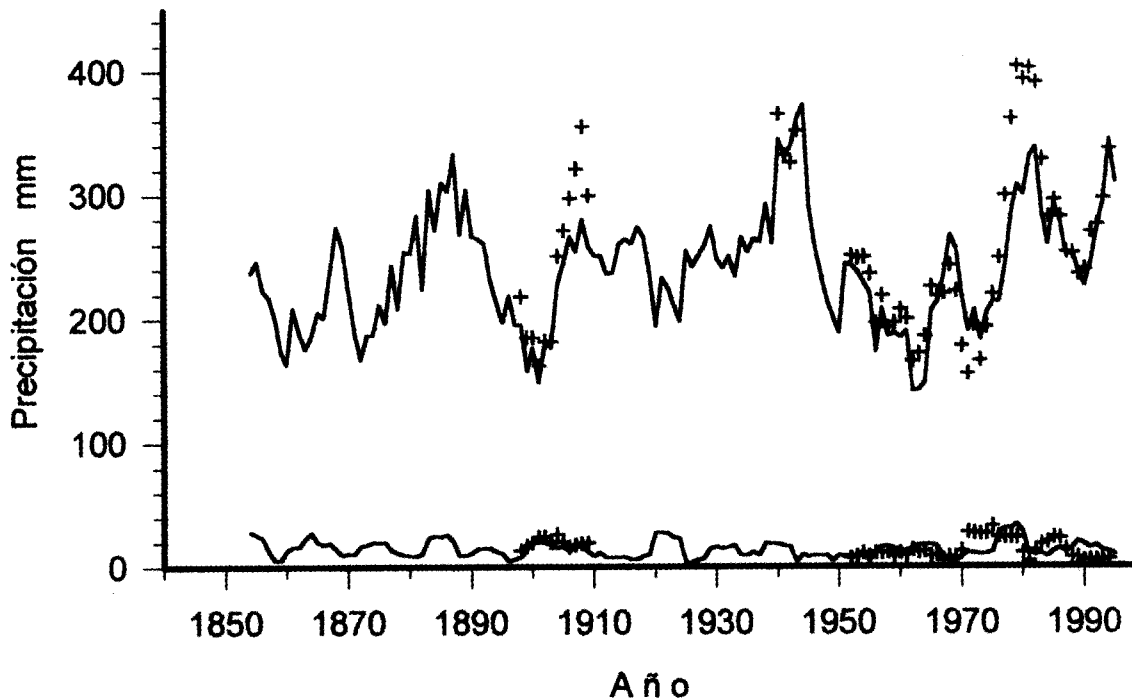


Fig. 2. Tendencias en la precipitación (promedio corrido de cinco años) en Ensenada, Baja California (cruces; fuente: Comisión Nacional de Agua, comunicación personal) y San Diego, California (líneas). Los datos de arriba son del total de octubre a abril; los de abajo son de mayo a septiembre.

Trends in precipitation (five-year running average) at Ensenada, Baja California (crosses; source: Comisión Nacional de Agua, personal communication) and San Diego, California (lines). The upper data are the totals from October to April; the lower data are from May to September.

desiertos de California, Nevada y Utah (aprox. 35° - 42°N) que alcanzaron grandes extensiones en ese período (Benson & Thompson 1987, Benson et al. 1995, Li et al. 1996). Mientras tanto, hubo fluctuaciones pronunciadas en el clima a escalas de cientos o miles de años (Benson et al. 1996). El Holoceno ha sido más seco, como demuestra tanto la geología como en registros subfósiles de plantas en el desierto Sonorense (Van Devender 1990). Hay evidencia de períodos más húmedos en el Holoceno en el orden de décadas a siglos (Enzel et al. 1989, Van Devender 1990). En Baja California, existen evidencias geomorfológicas concordantes, de grandes cambios en los niveles de la Laguna Chapala (29,38°N; Arnold 1957), ahora seca, aunque falta confirmación de las fechas.

Para conocer el clima experimentado por las últimas generaciones de plantas dependemos de registros indirectos, por ejemplo las reconstrucciones basadas en los anillos anuales de crecimiento de los árboles. Existen series de anillos de 2.000 años en árboles de la Sierra Nevada en California (36° - 37°N; Hughes & Brown 1992, Graumlich 1993). Las reconstrucciones demuestran que los períodos de temperaturas anómalas duran varias décadas y los de precipitación anómala típicamente son de <10 años, aunque se registran repetidamente sequías de >20 años y hasta >100 años (Graumlich 1993). Con otro tipo de análisis, Meko et al. (1980) enfatizaron que sequías severas o extremas probablemente han durado solo uno a tres años, con referencia al suroeste de California entre 1700 y 1963. Para Baja California, todavía se dispone de una sola serie dendrocronológica (31,17°N), la cuál cubre 500 años (Stokes et al. 1971). Si bien, su calibración es aún pobre, es probable que refleje mejor las sequías que los años muy húmedos (Meko et al. 1980).

En el último siglo, ha habido importantes períodos húmedos y secos con duraciones variables, hasta de más de una década (Fig. 2). No es evidente ninguna tendencia general en los últimos 150 años, pero las variaciones a escalas de años a décadas pueden tener efectos dramáticos en algunas poblaciones (e.g. Pierson & Turner 1998) y en la dinámica y estructura de ecosistemas (e.g.

Hastings & Turner 1965). Eventos de El Niño conllevan aumentos notables en el escurrimiento superficial en el suroeste de los USA (Kahya & Dracup 1994). También la precipitación anual en Ensenada varía con el ENOS (Pavía & Badan 1998), con una diferencia de hasta tres veces entre años “Niño” y “Niña” en décadas recientes.

En relación con el “cambio global,” las tendencias climáticas que cabría esperar no están bien definidas. Si bien la temperatura promedio anual debería aumentar, tal como el CO₂ y la radiación UV, los diferentes modelos indican que la precipitación podría aumentar o bien disminuir en Baja California (Westman & Malanson 1992). La predicción se complica aún más si incluimos la evapotranspiración, ya que ésta depende de la precipitación, la temperatura, la radiación (incluyendo efectos de la nubosidad) y los vientos. Sin contar con modelos que distingan entre el mar y la tierra y entre la montaña y el llano, es difícil mejorar las predicciones.

Los ambientes de la flora

Varios géneros del “chaparral” aparecieron hace más de 30 millones de años (Axelrod 1989) y hace 17 millones de años era impresionante la diversidad y modernidad de la flora. Al extremo sur de la Sierra Nevada la flora “Tehachapi” incluía a géneros del chaparral actual como *Arctostaphylos*, *Ceanothus*, *Cercocarpus*, *Fremontodendron*, *Heteromeles*, *Rhamnus* y *Rhus*. Junto con estos se encontraban varios géneros actualmente poco asociados con chaparral californiano como *Pinus* (piñón) además de géneros de climas más tropicales como *Bumelia*, *Erythea*, *Sabal*, *Persea*, *Umbellaria*, *Bursera*, *Colubrina*, *Leucaena*, *Dodonea*, *Prosopis*, y *Pithecellobium*. Para esta flora, se postuló un clima semiárido (380-635 mm) con lluvias principalmente en verano y sin heladas. También se han encontrado “asociaciones fósiles” parecidas a través del Mioceno en el actual sur de California. Durante el Cuaternario, los elementos tropicales ya no estaban presentes y especies que se encuentran actualmente en matorral mediterráneo se encontraban junto a especies de coníferas. En resumen, el registro

fósil no deja dudas que en varias épocas pasadas, elementos que consideramos característicos de matorrales mediterráneos se han encontrado mezclados con o adyacentes a elementos florístico actualmente relacionados con otros tipos de vegetación y climas diferentes al actual (Axelrod 1978, 1979, 1989). Los orígenes de la flora y de las formas de vida típicas eran en climas distintos al mediterráneo. Por otro lado, la diversificación de muchos géneros en la región californiana podría estar relacionada con el clima, particularmente la diversidad de microclimas (y su discontinuidad espacial) debida a la topografía en combinación con la sequía y la moderación marítima (Stebbins 1952).

Por otro lado, desde hace mucho tiempo se sabe que ciertas áreas con un patrón de lluvias de verano o bimodal tienen vegetación fisonomicamente y morfológicamente parecida al chaparral californiano, incluso varias especies son comunes a ambos (e.g. *Ceanothus greggii* y *Arctostaphylos pungens*). Estas áreas del interior continental son extensas en Arizona y se presentan manchones en New Mexico y Texas y hacia el sur (González-Quintero 1968, Pase & Brown 1994), por lo menos hasta la cuenca de Tehuacán en México central (c. 18,50°N, Valiente-Banuet et al. 1998). Esta distribución ofrece una pista para investigar los matorrales xerófilos, como ecosistemas, de una manera más amplia, así como para estudiar las adaptaciones de las especies (Vankat 1989, Barbour & Minnich 1990). Es necesario considerar las adaptaciones morfológicas y fisiológicas apartes de la taxonomía. La esclerofilia, por ejemplo, puede ser seleccionada por factores relacionadas con la nutrición o herbivoría, así como con la sequía en alguna estación del año (Medina et al. 1990, Medina 1995).

El "nicho climático mediterráneo" también es cuestionable para las especies que tienen distribuciones geográficas no limitadas a la región mediterránea ni a los "chaparrales del interior," incluyendo especies dominantes o "características" del noroeste de Baja California. No está claro en cuales nichos climáticos se podría ubicar estas plantas. Por ejemplo, *Eriogonum fasciculatum* pareciera ser una de las especies más características de los matorrales mediterráneos en Baja y Alta California;

sin embargo, se extiende desde el sur de la península hasta Utah. *Yucca schidigera* se distribuye en los desiertos desde el norte de los 36° hasta los 29,67°N (Turner et al. 1995) y está ampliamente distribuida en los matorrales mediterráneos en Baja California. Varias especies típicas del chaparral desde más al norte de los 38°N encuentran su límite sur abajo de los 28°N, o aún pasando el Trópico, distribuidas o en forma muy esparcida (e.g. *Prunus ilicifolia*, *Malosma laurina*, *Rhamnus crocea*, *Yucca whipplei*) o disyunta (e.g. *Adenostoma fasciculatum*, *Heteromeles arbutifolia*).

Si bien por su estatura los arbustos esclerófilos parecen dominar el paisaje, habría que tomar en cuenta otras formas de vida presentes en la flora. Hay arbustos caducifolios de hasta 3 m de altura (e.g. *Fraxinus trifoliata*, *Aesculus parryi*), además de arbustos caducifolios de <1 m (e.g. *Lotus scoparius*, *Euphorbia misera*), herbáceas perennes con diversos sistemas de persistencia (e.g. *Phacelia* spp., *Stipa* spp., *Allium* spp.), cactáceas, arosetadas (e.g. *Agave* spp., *Dudleya* spp.) y otras. De hecho, todas éstas formas de vida contribuyen de una manera significativa a la vegetación que domina en ciertos años y/o lugares. En consecuencia, no existe una forma única de planta "mejor adaptada" al clima de la región sino muchas posibilidades que se expresan en la variación de la estructura y dinámica actual de la vegetación.

También existen poblaciones aisladas de una variedad de coníferas a baja altitud y rodeados por el matorral, además de las especies restringidas a elevaciones mayores (Minnich 1987). Sería interesante examinar los factores que limitan la expansión de estos manchones de coníferas, ya que cerca de Los Angeles, coníferas plantadas en el chaparral prosperan con sólo tener algo de protección de los frecuentes incendios. No es la sequía ni la herbivoría que ha limitado la expansión de las coníferas desde las áreas de introducción (Burns & Sauer 1992).

Las comunidades

Existe abundante información sobre asociaciones florísticas durante los últimos

40.000 años en los desiertos norteamericanos. Los datos derivan de estudios de muldares ("middens") de ratas del género *Neotoma* (Betancourt et al. 1990). Aunque no hay registros para la región mediterránea actual se cuenta con datos para el desierto de Baja California. Una comunidad de piñones y *Juniperus* con una mezcla de especies del chaparral se encuentra en depósitos de Cataviña (29,75°) con fechas entre los 21.700 y 18.000 años A.P. (Peñalba & Van Devender 1998) y también en San Fernando (29,97°N) entre los 30.950 y 11.190 años A.P. (Van Devender, comunicación personal). En esta región hoy se encuentra una comunidad típica del "Desierto Vizcaíno" (Shreve 1951) con *Larrea tridentata* y suculentas arborescentes (e.g. *Fouquieria columnaris*, *Pachycereus pringlei*). Haciendo una síntesis de los cambios en la fitogeografía y los límites climáticos de cada especie dados por su distribución actual, se pueden inferir los patrones de cambio climático regional (e.g. Van Devender 1990). La aplicación de estos métodos se está iniciando apenas en Baja California.

El análisis de cientos de muldares en los desiertos norteamericanos demuestra que las especies han cambiado repetidamente sus distribuciones durante el período representado por estos depósitos. Al mismo tiempo, se comprueba que las especies se comportan de manera individual; cada especie tiene sus tolerancias propias. Por ende, en el contexto de un clima cambiante, las asociaciones florísticas o tipos de vegetación o ecosistemas no son estables (Van Devender 1990). Cabe mencionar que la asincronía en las variaciones de las distribuciones de cada especie está también documentada para los vertebrados, como es el caso de la megafauna del Pleistoceno (Graham et al. 1996).

Las comunidades vegetacionales actualmente existentes son un tema muy tratado en la literatura botánica de Baja California y siguen apareciendo nuevas clasificaciones (Paulín-Ramírez et al. 1981, Westman 1983, Passini et al. 1989, Peinado-Lorca & Delgadillo-Rodríguez 1990, Delgadillo 1992, Zippin & Vanderwier 1994, Peinado et al. 1995a, b). Aunque se han introducido

algunas ideas sobre gradientes (Shreve 1936, Epling & Lewis 1942, Mooney & Harrison 1972, Nah et al. 1979, Westman 1983), existen escasos estudios de los factores físicos que determinan la distribución local y regional de las especies (Kirkpatrick & Hutchinson 1980, Westman 1981, 1991, Desimone & Burk 1992, Malanson et al. 1992). Aún en estos casos, se han estudiado pocas especies, sin abarcar sus distribuciones completas. Sabemos que el nicho definido por el medio físico difiere entre especies de una misma asociación florística, además de que las asociaciones son difíciles de delimitar y son transitorias.

No obstante la conclusión de que las comunidades representan combinaciones de especies fortuitas, es necesario destacar la escasez de estudios sobre facilitación o mutualismo entre especies de plantas que se encuentran en los matorrales de esta región mediterránea. Por un lado, no existen análisis de la integración de comunidades por medio de la polinización (Moldenke 1976), ni de la dispersión de semillas por animales (Bullock 1978, Keeley 1992a). Pueden existir relaciones de plantas nodrizas (Fuentes et al. 1984, Martínez & Fuentes 1993) o de fertilización (Pugnaire et al. 1996), pero aparentemente sería novedosa la propuesta de paradigmas de integración funcional.

La fisonomía y la dinámica

La fisonomía de los matorrales no resulta solamente por la interacción del follaje con la radiación solar y el viento, sino también de la historia de incendios y las interacciones con la fauna. Estos factores han cambiado drásticamente en diferentes épocas y de manera muy distinta y su historia particular reciente tiene mucho que ver con la fisonomía de la vegetación.

Los herbívoros vertebrados podrían haber afectado o pueden afectar hoy a los matorrales de Baja California. La fauna actual de la región semi-árida peninsular está muy empobrecida en comparación con la de hace 12.000 años, particularmente en cuanto a grandes herbívoros. Los registros

del Pleistoceno tanto de Los Angeles (Stock & Harris 1992) como del extremo sur de la península¹ muestran la presencia de *Nothotherium*, *Mammuthus*, *Equus*, *Camelops*, *Hemiauchenia* y *Bison*. Es razonable suponer que tales animales, pesando cientos de kilos, tenían un impacto físico sobre la vegetación, afectando la cobertura de diferentes formas de vida y la heterogeneidad fisonómica y del suelo, así como los patrones temporales y espaciales de los incendios y la erosión, entre otras características del sistema (e.g. Gómez-Sal et al. 1986, Vinton et al. 1993). Además, sabemos que estos animales no se alimentaban exclusivamente de Gramíneas (Akersten et al. 1988). Estudios con la fauna actual han demostrado que las cabras prefieren consumir estructuras reproductivas y ramas de ciertas especies (Genin & Badan-Dangon 1993) y que el ramoneo por los conejos (*Sylvilagus* spp.) resulta en la supresión del crecimiento (y por consecuencia de la reproducción) de *Ceanothus greggii*, relativa a *Adenostoma fasciculatum* (Mills & Kummerow 1989, Bullock 1991). Estos animales afectan significativamente a la estructura de la vegetación y probablemente, a lo largo, su composición.

Diferentes especies de herbívoros prefieren diferentes áreas del mosaico fisonómico de vegetación, como se ha demostrado para el venado mula (*Odocoileus hemionus* [Rafinesque, 1817]) y el borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw, 1804) (Bleich & Holl 1982) o como se conoce a través de la crianza de cabras (Genin & Pijoan 1993), vacas, burros y caballos (ver también Jefferson & Goldin 1989). Incluso, se ha propuesto (re)introducir especies de mamíferos grandes para diversificar el uso de la vegetación (Mellink 1991). En este contexto es interesante notar que *Bison bison* (Linnaeus, 1758) prospera actualmente en el sur de California en una mezcla de matorral y pradera. Sin embargo, sería un reto difícil aprender manejar una variedad de especies para que la vegetación tenga la estructura y productividad apropiada. Además, la dinámica de los sistemas ganado-

herbácea-arbusto es variada, compleja y fuertemente discutida (ver e.g. Hastings & Turner 1965, Clary & Holmgren 1987, Westoby et al. 1989, De Miguel & Gómez-Sal 1992, Huntsinger & Bartolomé 1992, Fleischner 1994, O'Connor & Roux 1995, Huntsinger 1996), aunque gran parte de la controversia deriva de que tratan diferentes objetivos de manejo.

En comparación con la herbivoría, los efectos de los incendios son más evidentes. Los estudios al respecto abarcan gran extensión areal en Baja California, pero son escasos. El régimen "natural" de incendios así como su posible manejo siguen siendo temas controvertidos. Se propone que Baja California debería jugar un papel importante en la discusión sobre el futuro manejo del fuego en California, ya que en el sur se puede estudiar los efectos de una falta supresión (Minnich 1983).

Los estudios se basaron en la interpretación de fotografías aéreas y abarcaron superficies de 51.620 km² de chaparral y "matorral costero" ("coastal sagescrub"; aunque no se limita a la costa) entre 1972 y 1980 (Minnich 1983) y 8.199 km² de chaparral y bosque de piñoneros para el período c.1920-1971 (Minnich 1989). Algunos resultados son claros: los incendios son más numerosos, menos extensos y menos intensos en ausencia histórica de control del fuego. Dado que los incendios por causas antropogénicas o naturales son inevitables, podría ser preferible dejar el sistema sin intervención más que para salvar sitios especiales o bienes. No obstante, existen cuestionamientos sobre la metodología y supuestos de estos estudios que sugieren cierta reserva sobre sus conclusiones; me limito a unos pocos comentarios. Primero, los análisis generalmente tratan el espacio y el tiempo como si fueron hechos de parcelas experimentales, iguales e independientes. En realidad es necesario tomar en cuenta la variación y distribución espacial de la vegetación que podría llegar a desarrollarse y de los factores que favorecen o reducen la probabilidad de incendios reiterados frecuentes. Segundo, el enorme

¹MILLER WE (1977) Pleistocene terrestrial vertebrates from southern Baja California. Geological Society of America, Abstracts with Programs 9(4): 468.

sesgo en la distribución de las superficies de áreas quemadas. Tercero, también es necesario estudiar varios ciclos en una misma región, no sólo una fracción de un supuesto ciclo, reconociendo que el ambiente y los ciclos pueden variar (Swetnam 1993). Cuarto, es poco probable que sean equivalentes los incendios iniciados por rayos y los iniciados intencionalmente por el hombre. Con estas advertencias es aparente que aún no contamos con evidencia de que algún régimen de incendios tiene origen natural o auto-regulado.

El papel y el régimen de los incendios también se ha analizado con base en estudios de la demografía y la germinación (Zedler 1977, Keeley & Keeley 1987, Zedler & Zammit 1989, Keeley 1991, 1992b). Se ha mostrado que no existe un paradigma acotado de estrategias de historia de vida, como el de autosucesión en un ciclo de 25 años (Hanes 1971). Se ha observado que 1) existe una gama de <5 hasta >100 años en la longevidad de los arbustos

(sin tomar en cuenta las semillas), 2) la edad de la primera reproducción varía desde 0 hasta >10 años, 3) comúnmente hay reposición de ramas muertas por rebrote, 4) aún en matorral antiguo puede haber germinación y establecimiento, 5) los bancos de semillas varían entre especies, desde no existentes hasta muy longevos, 6) existe mucha variedad en la respuesta de la germinación al calor o a los productos de los incendios (ninguna, polimórfica, dependiente). Modelar la variedad de historias de vida en contextos evolutivos y ecológicos es complejo y nos deja sin un simple régimen de incendios. Una consecuencia de estos estudios es que el concepto de sobremadurez o decadencia que se maneja en relación con el manejo del fuego parece carecer de una base demográfica. Al mismo tiempo tenemos elementos para entender (Zedler 1977, Zedler & Zammit 1989) y ejemplos para demostrar (Zedler 1977, Zedler et al. 1983, Haidinger & Keeley 1993) que la frecuencia de incen-

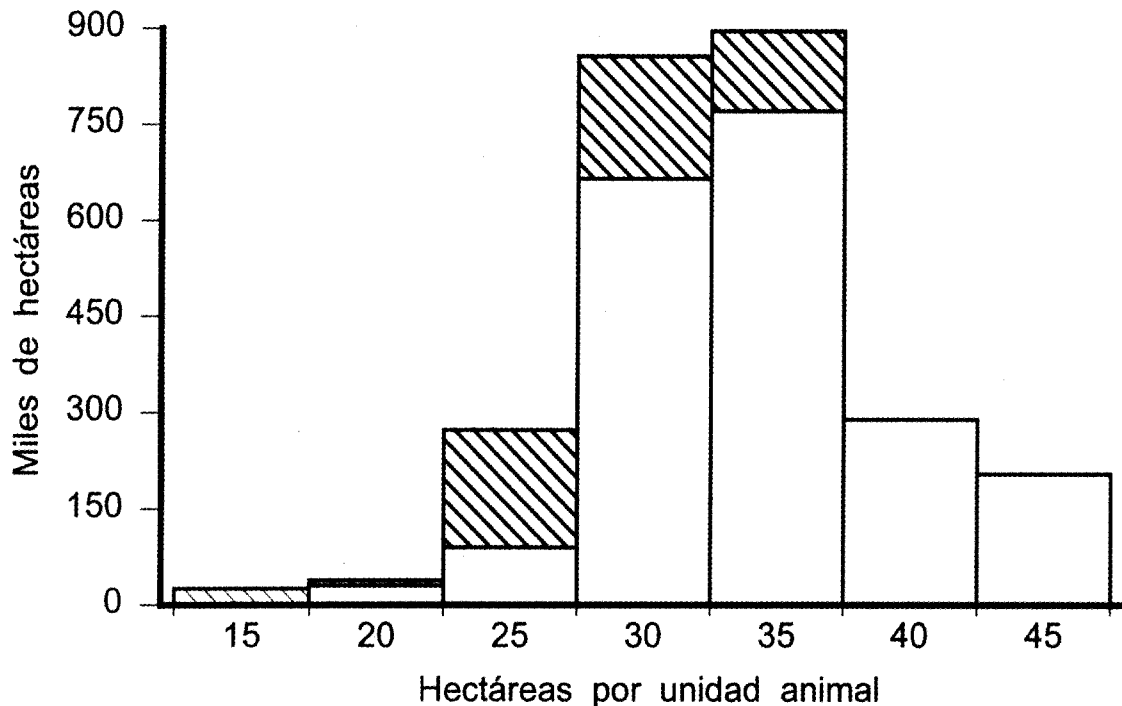


Fig. 3. Histograma de la capacidad de carga en la ganadería extensiva en Baja California. Una unidad animal es una vaca con su cría. Los números se basan en el forraje, sin tomar en cuenta la disponibilidad de agua. Barras blancas: matorrales; rayadas: bosques. Fuente: Paulín-Ramírez et al. (1981).

Histogram of carrying capacity for range livestock in Baja California. One "unidad animal" is a cow with calf. The numbers are based on forage without accounting for availability of water. Unshaded: shrublands; shaded: woodlands and forests. Source: Paulín-Ramírez et al. (1981).

dios puede tener fuertes efectos sobre la composición florística en el chaparral.

Explotación extensiva

Fuera de la costa y de los ocho valles y planicies agrícolas, la mayor parte del territorio en Baja California, tiene todavía muy poco uso intensivo. Las principales formas de uso de la zona de matorrales son extensivas pero no necesariamente destructivas. Tanto las formas de uso como su intensidad han variado porque la percepción de la gente de cuáles son los recursos y la rentabilidad de varias explotaciones no han sido del todo estables. Actualmente se busca diversificar los usos dado la poca rentabilidad de la ganadería. Por otro lado, es necesario señalar que probablemente la principal importancia de la vegetación para la sociedad y la economía de la región es su papel en la regulación de la hidrología a nivel de cuencas. Es importante notar que la historia del uso de la tierra para los últimos 100 a 200 años es fragmentaria (Minnich & Franco-Vizcaíno 1998). Puede ser que hubo transformaciones de ecosistemas locales en relación con la minería, el pastoreo, el inicio de la ganadería, la repartición masiva de tierras entre inmigrantes de otras regiones climáticas, etc.

En cuanto a la ganadería, los agostaderos no sostienen mucho ganado según las estimaciones de gobierno (Figs. 3, 4; Paulín-Ramírez et al. 1981); de estar en buenas condiciones (sin cambios significativos en la cobertura de especies favorables) y con lluvias normales, todo el campo del noroeste podría sostener menos de 76.500 unidades animales (vaca con cría), con un promedio de alrededor de 35 hectáreas por unidad (hablando de 25.823 km² en 1981). La integración de diferentes tipos de vegetación en un solo sistema de pastoreo (De Miguel & Gómez-Sal 1992) no es comúnmente importante dado que los tipos favorables son pocos.

Los efectos de la ganadería no han sido evaluados; aparte de los impactos sobre ecosistemas ribereños y vegas (Minnich & Franco Vizcaíno 1998), es posible que los mayores impactos han ocurrido a conse-

cuencia de los incendios intencionales e invasión por plantas anuales. La gente comúnmente manipula los matorrales quemándolos (Freedman 1984), para aumentar la producción animal, aunque no hay estudios que midan el efecto. Los pastizales y los matorrales mezclados con anuales pueden quemarse anualmente (Minnich 1983, manuscrito). Estos incendios van erosionando los márgenes de manchones de matorral denso, convirtiéndolos en un tipo más inflamable (Minnich manuscrito). Los efectos sobre el suelo no han sido estudiados en Baja California. Hay que destacar que las áreas sujetas a quema anual (y en consecuencia la invasión y posible degradación del suelo) predominan en la región de clima mediterráneo (Paulín-Ramírez et al. 1981, Minnich 1983). El conocimiento de estos procesos parece prioritario, ante la posibilidad de cambios persistentes en el ecosistema (Westoby et al. 1989).

Dos explotaciones de plantas nativas han tenido cierta importancia en décadas recientes. La jojoba (*Simmondsia chinensis*) tiene una distribución muy amplia en el Estado y sus frutos se cosechan de sus poblaciones naturales. Debido a las fluctuaciones en la producción de frutos y la demanda y especialmente el sobre desarrollo de plantaciones de esta especie en otros países, el precio ha fluctuado mucho. Con la caída de c. US\$52,8 por litro de aceite en 1983 a US\$5,4 en 1996 (Santos 1992, Dolack 1996), la cosecha en Baja California casi ha desaparecido. La inestabilidad debida a factores humanos, puede ser cada vez mayor con la globalización económica. (Por otro lado, el ganado también podría estar afectando las poblaciones de la jojoba, ya que es un forraje muy apetecido [Roundy et al. 1989].)

Hace más de dos décadas se inició la explotación de la palmilla (*Yucca schidigera*) por las saponinas, que se extraen del tronco, para diversos usos en la agricultura, alimentos, medicina, etc. (Lieberman 1981, Johnston et al. 1982, Lagasse et al. 1986, Headon & Killeen 1993). El aprovechamiento de sus fibras (Belmares et al. 1979, R. Von Roth comunicación personal) no está desarrollado en Baja California. La producción actual se basa en un reducido número de rodales, den-

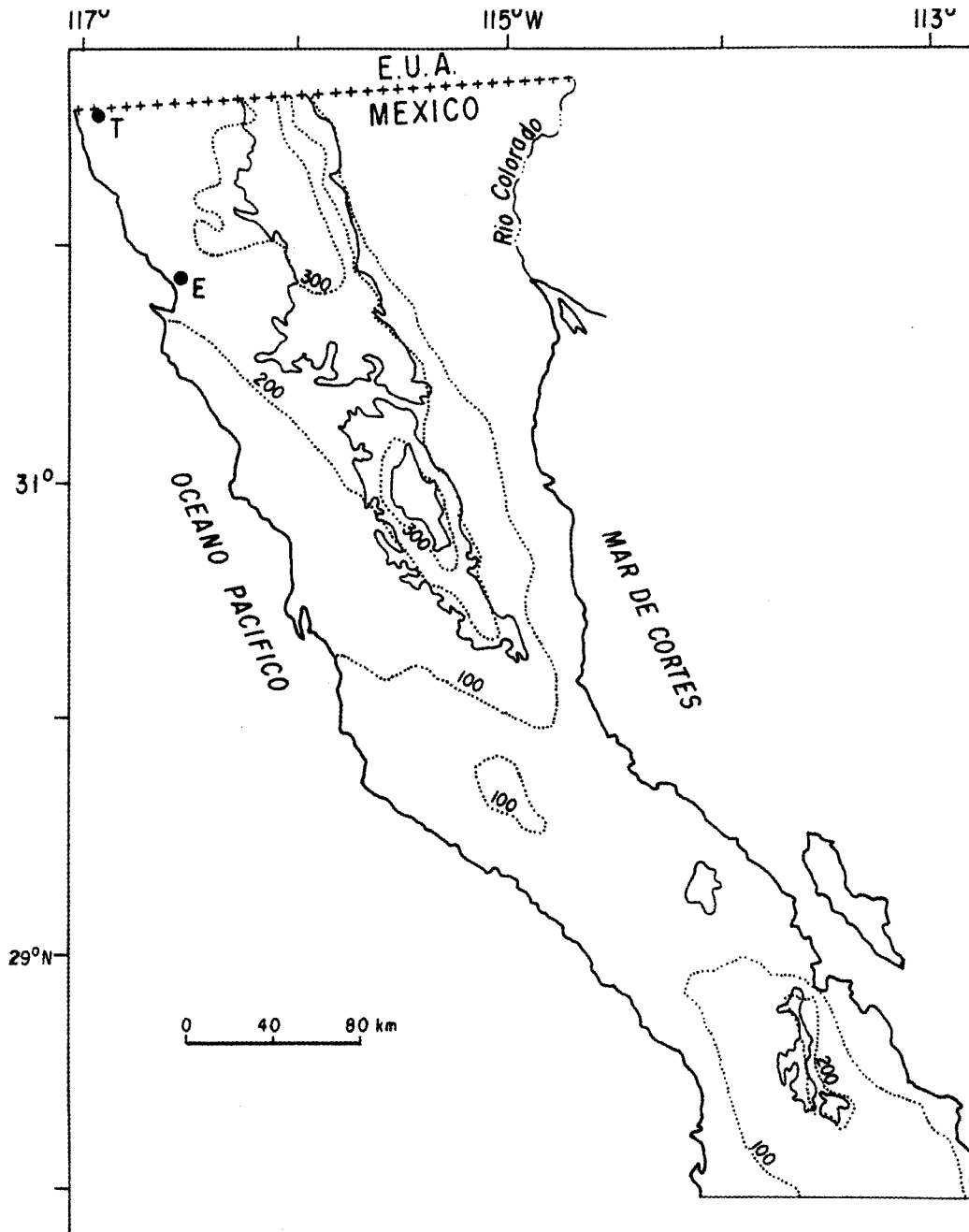


Fig. 4. Mapa del Estado de Baja California mostrando algunos usos actuales y potenciales de la tierra. 1) Tierras no aptas para la ganadería por tener índices de agostadero >45 hectáreas por unidad animal. 2) Tierras con índices de agostadero entre 36 y 45. 3) Tierras con índices de agostadero entre 26 y 35. 4) Tierras con índices de agostadero entre 1 y 25, las de máxima calidad para la ganadería. 5) Tierras urbanizadas o agrícolas (a 1981). 6) Rodales de *Yucca schidigera* en producción durante los 1990s. Las "zonas no señaladas" del noreste son urbanas, agrícolas y no aptas para la ganadería. Fuentes: Paulín-Ramírez et al. (1981), Carranza-Acevedo (1997).

Map of the State of Baja California showing some present and potential land uses. 1) Lands not apt for range cattle due to stocking indices >45 animal units per hectare. 2) Lands with stocking indices of 36-45. 3) Lands with stocking indices of 26-35. 4) Lands with stocking indices of 1-25, those of maximum quality for grazing. 5) Urbanized and agricultural land, as of 1981. 6) Designated stands of *Yucca schidigera* in production during the 1990s. The unmarked zone in the northeast includes urban areas, agriculture and land not suitable for grazing. Sources: Paulín-Ramírez et al. (1981), Carranza-Acevedo (1997).

sos y accesibles, en varias zonas climáticas (Fig. 4, Carranza-Acevedo 1997), aunque existen poblaciones naturales en gran parte del Estado. También existen plantaciones de palmilla en desarrollo. La explotación se enfoca en la cosecha de troncos maduros (Sepúlveda-Betancourt 1994) con una rotación que es proyectada en 15 años y depende del rebrote basal.

Es importante señalar que, el abastecimiento hídrico puede ser la función más importante de los ecosistemas del noroeste de Baja California, ya que mucho de la población urbana y la economía agrícola de la región depende de agua de pozos (Orozco-Zavala 1991). Por esta razón la hidrología a nivel de cuencas debería ser de primera importancia en las cuestiones de manejo. Se puede argumentar que la característica biológica más importante de los ecosistemas es la cobertura del suelo, por

categorías de hojarasca, herbáceas y arbustos y/o árboles. La cobertura es crítica ya que afecta la estabilidad del sustrato seco y el escurrimiento (Rice et al. 1969, Rice 1982, Florsheim et al. 1991) y la infiltración (Curry 1984). Estos a su vez afectan el régimen hidrológico de la cuenca (inundaciones, recarga de acuíferos) y la sedimentación (Rice 1973, Branson 1975, Pozos-Salazar 1985) además de la productividad. Se desconoce si la composición taxonómica de la cobertura vegetal puede tener importancia. Por supuesto, la cobertura es determinada en gran medida por la historia de uso de la vegetación y la historia de incendios del sitio, además de su situación en el complejo conjunto de factores geofísicos.

La geofísica provee una herramienta general y simple, aunque simplista, que nos ayuda tener un panorama general pero detallado sobre los problemas de manejo; ésta es la pendiente. En razón de la estabilidad del sustrato, el uso de la tierra normalmente disminuye rápidamente hacia pendientes mayores. Esto se nota en el noroeste de Baja California donde las tierras planas ya están ocupadas en buena medida por ecosistemas artificiales (Fig. 5; Chávez-Velazco 1996). Estos terrenos presentan los mayores problemas técnicos y sociales para la conservación, junto con la franja costera y las cercanías de fuentes de agua dulce. Los retos de entender y manejar/conservar lo demás del paisaje requieren de conocer las relaciones entre otros factores geofísicos y la flora (Rice et al. 1969, Kirkpatrick & Hutchinson 1980, Desimone & Burk 1992, Chávez-Velazco 1996), seguido por la fisiología (Malanson et al. 1992) e historia natural (Zammit & Zedler 1989). Pero el reto más difícil es conceptual, de iniciar una modelación del patrón básico de la vegetación, el cambio mismo.

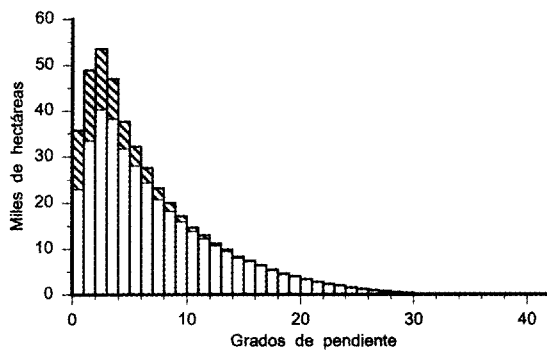


Fig. 5. Histograma del grado de pendiente de la superficie en relación con el uso de la tierra en la parte mexicana de la cuenca del Río Tijuana. Barras rayadas: urbano, agrícola, ganadero de establo; blancas: ganadero de pastoreo, vegetación, otros (agua, roca, etc.). El mapeo fue basado en cartas topográficas 1:50,000 con curvas de nivel a 20 m, fotografía aérea 1:45,000 de 1994, imágenes del satélite SPOT-2 de 1994 y trabajo de campo; fuente: G. Chávez-Velazco, comunicación personal.

Histogram of surface slope (degrees) in relation to land use in the Mexican portion of the Río Tijuana watershed. Shaded bars: urban, agriculture, feedlots; open bars: range pasture, vegetation, others (water, rocks, etc.). Mapping was based on topographic maps (1:50,000, 20 m contours), 1994 aerial photographs (1:45,000) and 1994 SPOT-2 satellite images; source: G. Chávez-Velazco (com. pers.).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la invitación hecho por la Dr. M. Kalin para participar en el taller de la Red Iberoamericana de Ecosistemas Mediterráneos y el apoyo del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo y CONICYT. El manuscrito fue desarrollado con apoyo financiero del CICESE y apoyo

técnico de J. M. Domínguez y F. Ponce. Agradezco los comentarios de T. Van Devender y los revisores.

LITERATURA CITADA

- AKERSTEN WA, TM FOPPE & GT JEFFERSON (1988) New source of dietary data for extinct herbivores. *Quaternary Research* 30: 92-97.
- ARNOLD BA (1957) Late Pleistocene and recent changes in land forms, climate and archaeology in central Baja California. University of California Publications in Geography 10: 201-318.
- AXELROD DI (1978) The origin of coastal sage vegetation, Alta and Baja California. *American Journal of Botany* 65: 1117-1131.
- AXELROD DI (1979) Age and origin of Sonoran Desert vegetation. *California Academy of Sciences Occasional Papers* 132: 1-74.
- AXELROD DI (1989) Age and origin of chaparral. En: Keeley SC (ed) *The California chaparral: paradigms reexamined*: 7-20. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34, Los Angeles.
- BARBOUR MG & RA MINNICH (1990) The myth of chaparral convergence. *Israel Journal of Botany* 39: 453-463.
- BELMARES H, A BARRERA, E CASTILLO, M MONJARAS & ME TRISTAN (1979) Industrialización de los recursos vegetales de las zonas áridas y semi-áridas de América del Norte: fibras vegetales duras. *Interciencia* 4: 320-325.
- BENSON L, M KASHGARIAN & M RUBIN (1995) Carbonate deposition, Pyramid Lake subbasin, Nevada. 2. Lake levels and polar jet stream positions reconstructed from radiocarbon ages and elevations of carbonates (tufas) deposited in the Lahontan basin. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 117: 1-30.
- BENSON L & RS THOMPSON (1987) Lake-level variation in the Lahontan basin for the past 50,000 years. *Quaternary Research* 28: 69-85.
- BETANCOURT JL, TR VAN DEVENDER & PS MARTIN, eds (1990) *Packrat middens: the last 40,000 years of biotic change*. University of Arizona Press, Tucson. vii + 467 pp.
- BLEICH VC & SA HOLL (1982) Management of chaparral habitat for mule deer and mountain sheep in southern California. En: Conrad CE & WC Oechel (eds) *Dynamics and management of Mediterranean-type ecosystems*: 247-254. General Technical Report PSW-58, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Berkeley.
- BOHANNON RG & T PARSONS (1995) Tectonic implications of post-30 Ma Pacific and North American relative plate motions. *Geological Society of America Bulletin* 107:937-959.
- BRANSON FA (1975) Natural and modified plant communities as related to runoff and sediment yields. En: Hasler AD (ed) *Coupling land and water systems*: 157-172. Springer-Verlag, New York.
- BROWN DE, ed (1994) *Biotic communities: southwestern United States and northwestern Mexico*. University of Utah Press, Salt Lake City. 342 pp.
- BROWN DE & CH LOWE (1980) *Biotic communities of the Southwest*. General Technical Report RM-78, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Fort Collins. (Carta 1:1.000.000)
- BULLOCK SH (1978) Plant abundance and distribution in relation to types of seed dispersal in chaparral. *Madroño* 25: 104-105.
- BULLOCK SH (1991) Herbivory and the demography of the shrub *Ceanothus greggii* on a small burn area in chaparral. *Madroño* 38: 63-72.
- BURNS C & J SAUER (1992) Resistance by natural vegetation in the San Gabriel Mountains of California to invasion by introduced conifers. *Global Ecology and Biogeography Letters* 2: 46-51.
- CARRANZA-ACEVEDO RA (1997) Caracterización ecológico-silvícola de poblaciones de *Yucca schidigera* con potencial de aprovechamiento. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 74 pp.
- CHAVEZ-VELAZCO G (1996) Geomorfología de la cuenca del Río Tijuana aplicada al análisis de uso del suelo a nivel regional. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 70 pp.
- CLARY WP & RC HOLMGREN (1987) Difficulties in interpretation of long-term vegetation trends in response to livestock grazing. En: Provenza FD, JT Flinders & ED McArthur (eds) *Proceedings-symposium on plant-herbivore interactions*: 154-161. General Technical Report INT-222, Intermountain Research Station, USDA Forest Service, Provo.
- CURRY R (1984) Water yields and water quality in shrubland watersheds. En: DeVries JJ (ed) *Shrublands in California: literature review and research needed for management*: 51-60. Contribution 191, Water Resources Center, University of California, Davis.
- DAVIS FW, PA STINE, DM STOMS, MI BORCHERT & AD HOLLANDER (1995) Gap analysis of the actual vegetation of California 1. The southwestern region. *Madroño* 42: 40-78.
- DELGADILLO J (1992) *Florística y ecología del norte de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali. 339 pp.
- DE MIGUEL JM & A GOMEZ-SAL (1992) Los paisajes de la dehesa y su papel en el comportamiento del ganado extensivo. *Quercus* 1992 (noviembre): 16-22.
- DESIMONE SA & JH BURK (1992) Local variation in floristics and distributional factors in Californian coastal sage scrub. *Madroño* 39: 170-188.
- DOLACK P (1996) Jojoba producers form a marketing cooperative. *Chemical Marketing Reporter* 249(2): 10.
- ENZEL Y, DR CAYAN, RY ANDERSON & SG WELLS (1989) Atmospheric circulation during Holocene lake stands in the Mojave Desert - evidence of regional climate change. *Nature* 341: 44-47.
- EPLING C & H LEWIS (1942) The centers of distribution of the chaparral and coastal sage associations. *American Midland Naturalist* 10: 445-462.
- FLEISCHNER TL (1994) Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology* 8: 629-644.
- FLORSHEIM JL, EA KELLER & DW BEST (1991) Fluvial sediment transport in response to moderate storm flows following chaparral wildfire, Ventura County, Southern California. *Geological Society of America Bulletin* 103: 504-511.

- FREEDMAN J (1984) Uncontrolled fire and chaparral stability in the Sierra Juárez, Baja California, Mexico. Tesis de maestría. University of California, Riverside. 61 pp.
- FUENTES ER, RD OTAIZA, MC ALLIENDE, A HOFFMAN & A POIANI (1984) Shrub clumps of the Chilean vegetation: structure and possible mechanisms. *Oecologia* 62: 405-411.
- GASTIL RG, RP PHILLIPS & EC ALLISON (1975) Reconnaissance geology of the state of Baja California. Geological Society of America Memoir 140. xiii + 170 pp.
- GENIN D & A BADAN-DANGON (1991) Goat herbivory and plant phenology in a Mediterranean shrubland of northern Baja California. *Journal of Arid Environments* 21: 113-121.
- GENIN D & AP PIJOAN (1993) Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, Mexico. *Small Ruminant Research* 10: 1-11.
- GOMEZ-MORIN L, A ESCOFET, I ESPEJEL, JL FERMAN & G TORRES-MOYE, eds (1993) Programa regional de desarrollo urbano, turístico y ecológico del corredor Tijuana-Ensenada. Informe técnico final. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 47 pp.
- GOMEZ-SAL A, JM DE MIGUEL, MA CASADO & FD PINEDA (1986) Successional changes in the morphology and ecological responses of a grazed pasture ecosystem in Central Spain. *Vegetatio* 67: 33-44.
- GONZALEZ-QUINTERO L (1968) Tipos de vegetación del Valle de Mezquital, Hidalgo. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- GRAHAM RW, EL LUNDELIUS JR, MA GRAHAM, EK SCHROEDER, RS TOOMEY III, E ANDERSON, AD BARNOSKY, JA BURNS, CS CHURCHER, DK GRAYSON, RD GUTHRIE, CR HARRINGTON, GT JEFFERSON, LD MARTIN, HG MCDONALD, RE MORLAN, HA SEMKEN JR, SD WEBB, L WERDELIN & MC WILSON (1996) Spatial response of mammals to late Quaternary environmental fluctuations. *Science* 272: 1601-1606.
- GRAUMLICH LJ (1993) A 1000-year record of temperature and precipitation in the Sierra Nevada. *Quaternary Research* 39: 249-255.
- HAIDINGER TL & JE KEELEY (1993) Role of high fire frequency in destruction of mixed chaparral. *Madroño* 40: 141-147.
- HANES TL (1971) Succession after fire in the chaparral of Southern California. *Ecological Monographs* 41: 27-52.
- HASTINGS JR & RM TURNER (1965) The changing mile: an ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semiarid region. University of Arizona Press, Tucson. xi + 317 pp.
- HEADON DR & G KILLEEN (1993) Effects of *Yucca schidigera* extract on *Bacillus pasteurii* urease activity. *Animal Production* 56: 459.
- HUNTSINGER L (1996) Grazing in a California silvopastoral system - effects of defoliation season, intensity, and frequency on deerbrush, *Ceanothus integerrimus* Hook and Arn. *Agroforestry Systems* 34: 67-82.
- HUNTSINGER L & JW BARTOLOME (1992) Ecological dynamics of *Quercus* dominated woodlands in California and southern Spain - a state-transition model. *Vegetatio* 100: 299-305.
- INEGI (1996) Anuario estadístico del Estado de Baja California. Edición 1996. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Historia, Aguascalientes. 270 pp.
- JEFFERSON GT & JL GOLDIN (1989) Seasonal migration of *Bison antiquus* from Rancho La Brea, California. *Quaternary Research* 31: 107-112.
- JOHNSTON NL, CL QUARLES & DJ FAGERBERG (1982) Broiler performance with DSS40 yucca saponin in combination with monensin. *Poultry Science* 61: 1052-1054.
- KAHYA E & JA DRACUP (1994) The influences of Type I El Niño and La Niña events on streamflows in the Pacific Southwest of the United States. *Journal of Climate* 7: 965-976.
- KEELEY J & SC KEELEY (1987) The role of fire in the germination of chaparral herbs and suffrutescents. *Madroño* 34: 240-249.
- KEELEY JE (1991) Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. *Botanical Review* 57: 81-116.
- KEELEY JE (1992a) Temporal and spatial dispersal syndromes. En: Thanos CA (ed) Plant-animal interactions in Mediterranean-type ecosystems: 251-256. MEDECOS VI Proceedings. University of Athens, Athens.
- KEELEY JE (1992b) Recruitment of seedling and vegetative sprouts in unburned chaparral. *Ecology* 73: 1194-1208.
- KIRKPATRICK JB & CF HUTCHINSON (1980) The environmental relationships of Californian coastal sage scrub and some of its component communities and species. *Journal of Biogeography* 7: 23-38.
- LAGASSE SP, AL GOETSCH & AL JONES (1986) Yucca extract and in situ ruminal digestion with a bermudagrass hay diet. *Arkansas Farm Research* 35(2): 7.
- LI JR, TK LOWENSTEIN, CB BROWN, TL KU & S LUO (1996) A 100 Ka record of water tables and paleoclimates from salt cores, Death Valley, California. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 123: 179-203.
- LIEBERMAN B (1981) Yucca and arthritis: hope, or hype? *Equus* 39 (enero): 46, 51.
- MALANSON GP, WE WESTMAN & YL YAN (1992) Realized versus fundamental niche functions in a model of chaparral response to climatic change. *Ecological Modelling* 64: 261-277.
- MARTINEZ E & E FUENTES (1993) Can we extrapolate the California model of grassland-shrubland ecotone. *Ecological Applications* 3: 417-423.
- MEDINA E (1995) Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forests. En: Bullock SH, HA Mooney & E Medina (eds) Seasonally dry tropical forests: 221-242. Cambridge University Press, Cambridge.
- MEDINA E, V GARCIA & E CUEVAS (1990) Sclerophylly and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of the upper Río Negro region. *Biotropica* 22: 51-64.
- MEKO DM, CW STOCKTON & WR BOGGESS (1980) A tree-ring reconstruction of drought in southern California. *Water Resources Bulletin* 16: 594-600.

- MELLINK E (1991) Exotic herbivores for the utilization of arid and semiarid rangelands of Mexico. En: Renecker LE & RJ Hudson (eds) Wildlife production: conservation and sustainable development: 261-266. Agricultural and Forest Experiment Station, University of Alaska, Fairbanks.
- MILLS JN & J KUMMEROW (1989) Herbivores, seed predators and chaparral succession. En: Keeley SC (ed) The California chaparral: paradigms reexamined: 49-55. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34, Los Angeles.
- MINNICH RA (1983) Fire mosaics in southern California and northern Baja California. *Science* 219: 1287-1294.
- MINNICH RA (1987) The distribution of forest trees in northern Baja California, Mexico. *Madroño* 34: 98-127.
- MINNICH RA (1989) Chaparral fire history in San Diego county and adjacent northern Baja California: an evaluation of natural fire regimes and the effects of suppression management. En: Keeley SC (ed) The California chaparral: paradigms reexamined: 37-47. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34, Los Angeles.
- MINNICH RA & E FRANCO-VIZCAÍNO (1998) Land of chamise and pines: historical accounts of northern Baja California's vegetation. University of California Publication in Botany 80, xii + 166 pp.
- MOLDENKE AR (1976) California pollination ecology and vegetation types. *Phytologia* 34: 305-361.
- MOONEY HA & AT HARRISON (1972) The vegetation gradient on the lower slopes of the Sierra San Pedro Martir in northwest Baja California. *Madroño* 21: 439-445.
- MORAN R (1996) The flora of Guadalupe Island, Mexico. *Memoirs of the California Academy of Sciences* 19, viii + 190 pp.
- MOSIÑO ALEMÁN PA & E GARCIA (1974) The climate of Mexico. En: Bryson RA & FK Hare (eds) *Climates of North America*: 345-404. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- NAH TH, III, GT NEBEKER, TJ MOSER & T REEVES (1979) Lichen vegetational gradients in relation to the Pacific coast of Baja California: the maritime influence. *Madroño* 26: 149-163.
- O'CONNOR TG & PW ROUX (1995) Vegetation changes (1949-71) in a semi-arid, grassy dwarf shrubland in the karoo, South Africa - influence of rainfall variability and grazing by sheep. *Journal of Applied Ecology* 32: 612-626.
- OROZCO-ZAVALA JI (1991) Factibilidad hidrológica del anteproyecto Santo Domingo, B.C.N. Tesis Ingeniero Civil. Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara. 264 pp.
- PAREDES ARELLANO E (1988) Water, the most important natural resource for the State of Baja California, México. En: Whitehead EE, CF Hutchinson, BN Timmermann & RG Varady (eds) *Arid lands today and tomorrow*: 305-313. Westview Press, Boulder.
- PASE CP & DE BROWN (1994) Interior chaparral. En: Brown DE (ed) *Biotic communities: southwestern United States and northwestern Mexico*: 95-99. University of Utah Press, Salt Lake City.
- PASSINI MF, J DELGADILLO & M SALAZAR (1989) L'écosystème forestier de Basse-Californie: composition floristique, variables écologiques principales, dynamique. *Acta Ecologica Ecologia Plantarum* 10: 275-293.
- PAULIN-RAMIREZ O, A NAVARRO-CORDOVA, VF MORALES-GUIZA, JR ROSIÑOL-MONGES, A PRECIADO-TORRES, CA AGUIRRE-WALLACE, G PERALTA-CASTRO & JA CAMACHO-CAMACHO (1981) La determinación regional de los coeficientes de agostadero para el estado de Baja California. *Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Ensenada*. 129 pp.
- PAVIA EG & A BADAN (1998) ENSO modulates rainfall in the Mediterranean Californias. *Geophysical Research Letters* 25: 3855-3858.
- PEINADO M, F ALCARAZ, JL AGUIRRE & J DELGADILLO (1995a) Major plant communities of warm North American deserts. *Journal of Vegetation Science* 6: 79-94.
- PEINADO M, F ALCARAZ, JL AGUIRRE, J DELGADILLO & I AGUADO (1995b) Shrubland formations and associations in mediterranean-desert transitional zones of northwestern Baja California. *Vegetatio* 117: 165-179.
- PEINADO-LORCA M & J DELGADILLO-RODRIGUEZ (1990) Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México). *Studia Botanica* 9: 25-39.
- PEÑALBA MC & TR VAN DEVENDER (1998) Cambios de vegetación y clima en Baja California, México, durante los últimos 20,000 años. *Geología del Noroeste* 2(2): 21-23.
- PETERSON GL & PL ABBOTT (1979) Mid-Eocene climatic change, southwestern California and northwestern Baja California. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 26: 73-87.
- PIERSON EA & RM TURNER (1998) An 85-year study of saguaro (*Carnegiea gigantea*) demography. *Ecology* 79: 2676-2693.
- POZOS-SALAZAR G (1985) Cantidad de sedimento drenado hacia el Océano Pacífico por los principales ríos del norte de Baja California. (1950-1983). Tesis profesional (Oceanólogo), Escuela Superior de Ciencias Marinas. Universidad de Baja California, Ensenada. 85 pp.
- PUGNAIRE FI, PHASSE & J PUIGDEFABREGAS (1996) Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology* 77: 1420-1426.
- RICE RM (1973) The hydrology of chaparral watersheds. En: *Proceedings, symposium on living with the chaparral*: 27-34. Sierra Club, San Francisco.
- RICE RM (1982) Sedimentation in the chaparral: how do you handle unusual events? En: Swanson FJ, RJ Janda, T Dunne & DN Swanston (eds) *Sediment budgets and routing in forested drainage basins*: 39-46. General Technical Report PNW-141, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Portland.
- RICE RM, ES CORBUTT & RG BAILEY (1969) Soil slips related to vegetation, topography and soil in Southern California. *Water Resources Research* 5: 647-659.
- ROUNDY BA, GB RUYLE & J ARD (1989) Estimating production and utilization of jojoba. *Journal of Range Management* 42: 75-78.

- SANTOS W (1992) Jojoba oil makes strides toward established market. *Chemical Marketing Reporter* 241(26): 10-11.
- SEMARNAP (1996) Programa de medio ambiente 1995-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México. 172 pp.
- SEPULVEDA-BETANCOURT JI (1994) La palmilla *Yucca schidigera* en Baja California. Folleto Técnico No. 8, Centro Regional del Noroeste, Campo Experimental Costa de Ensenada, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Ensenada. 43 pp.
- SHREVE F (1936) The transition from desert to chaparral in Baja California. *Madroño* 3: 257-264.
- SHREVE F (1951) Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institution of Washington Publication 591, Washington. 192 pp.
- STEBBINS GL (1952) Aridity as a stimulus to plant evolution. *American Naturalist* 86: 33-44.
- STOCK C & JM HARRIS (1992) Rancho La Brea: a record of Pleistocene life in California. Seventh edition. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 37, Los Angeles. xiv + 113 pp.
- STOKES MA, T HARLAN & C. CLEMANS (1971) Tree-ring data, San Pedro Mártir Low, México. International Tree-Ring Data Bank. IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology Data Contribution Series #MEXI001. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder, Colorado.
- SWETNAM TW (1993) Fire history and climate change in giant sequoia groves. *Science* 262: 885-889.
- TURNER RM, JE BOWERS & TL BURGESS (1995) Sonoran Desert plants: an ecological atlas. University of Arizona Press, Tucson. xvii + 504 pp.
- VALIENTE-BANUET A, N FLORES-HERNANDEZ, M VERDU & P DAVILA (1998) The chaparral vegetation in Mexico under nonmediterranean climate: The convergence and Madrean-Tethyan hypotheses reconsidered. *American Journal of Botany* 85: 1398-1408.
- VAN DEVENDER TR (1990) Late Quaternary vegetation and climate of the Sonoran Desert, United States and Mexico. En: Betancourt JL, TR Van Devender & PS Martin (eds) *Packrat middens: the last 40,000 years of biotic change*: 134-163. University of Arizona Press, Tucson.
- VANKAT JL (1989) Water stress in chaparral shrubs in summer-rain versus summer-drought climates: whither the Mediterranean-type climate paradigm? En: Keeley SC (ed) *The California chaparral: paradigms reexamined*: 117-124. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34, Los Angeles.
- VINTON MA, DC HARTNETT, EJ FINCK & JM BRIGGS (1993) Interactive effects of fire, bison (*Bison bison*) grazing and plant community composition in tallgrass prairie. *American Midland Naturalist* 129: 10-18.
- WALTER H, E HARNICKELL & D MUELLER-DOMBOIS (1975) Climate-diagram maps for the individual continents and the ecological climate regions of the earth. Springer-Verlag, New York. 36 pp.
- WARTER JK (1976) Late Pleistocene plant communities - evidence from the Rancho La Brea tar pits. En: Lattig J (ed) *Symposium proceedings: plant communities of Southern California*: 32-39. California Native Plant Society, Berkeley.
- WESTMAN WE (1981) Factors influencing the distribution of species of Californian coastal sage scrub. *Ecology* 62: 439-455.
- WESTMAN WE (1983) Xeric mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. *Vegetatio* 52: 3-19.
- WESTMAN WE (1991) Measuring realized niche spaces: climatic response of chaparral and coastal sage scrub. *Ecology* 72: 1678-1684.
- WESTMAN WE & GP MALANSON (1992) Effects of climate change on Mediterranean-type ecosystems in California and Baja California. En: Peters RL & TE Lovejoy (eds) *Global warming and biological diversity*: 258-276. Yale University Press, New Haven.
- WESTOBY M, B WALKER & I NOY-MEIR (1989) Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266-274.
- WIGGINS IL (1980) *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford. 1025 pp.
- ZEDLER PH (1977) Life history attributes of plants and the fire cycle: a case study in chaparral dominated by *Cupressus forbesii*. En: Mooney, HA & CE Conrad (eds) *Proceedings of the symposium on environmental consequences of fire and fuel management in Mediterranean ecosystems*: 451-458. General Technical Report WO-3, USDA Forest Service, Washington.
- ZEDLER PH, CR GAUTIER, & GS MCMASTER (1983) Vegetation change in response to extreme events: the effects of a short interval between fires in California chaparral and coastal and scrub. *Ecology* 64: 809-818.
- ZEDLER PH & C ZAMMIT (1989) A population-based critique of concepts of change in the chaparral. En: Keeley SC (ed) *The California chaparral: paradigms reexamined*: 73-83. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34, Los Angeles.
- ZIPPIN DB & JM VANDERWIER (1994) Scrub community descriptions of the Baja California peninsula, Mexico. *Madroño* 41: 85-119.