

Fauna y flora

El estudio de Barrantes *et al.* (2006), mencionan que en la isla habitan cuatro especies de moluscos, 17 especies de reptiles pertenecientes a 10 familias y una especie de anfibios, 40 especies de aves, distribuidas en nueve especies migratorias y 31 residentes, además de nueve especies de mamíferos. En la isla también se detectaron dos familias de murciélagos. En cuanto a la riqueza de la flora, se encontraron 93 especies, pertenecientes a 85 géneros y 44 familias (Barrantes *et al.* 2006).

Climatología

Para la descripción de las condiciones climatológicas del sitio, se utilizó información de 15 años de datos provenientes de la estación Puntarenas, ubicada en el cantón Central (Latitud: 9°,58'-Longitud: 84°,50' (Figura 2). Con estos datos se determinó el clima edáfico predominante en esta zona.

Con base en los datos climatológicos de referencia, la zona de estudio tiene una precipitación (línea azul) que supera la evapotranspiración potencial (ETP-línea roja), de mediados de abril a mediados de octubre (seis meses), por el contrario la ETP supera a la precipitación de mediados de octubre a mediados de abril (seis meses); esto último permite calcular que en sitios bien drenados de suelos poco profundos el régimen de humedad del suelo es ústico. La precipitación total anual corresponde a 1578 mm, siendo el mes de setiembre el de mayor precipitación y enero el más seco. Por otro lado, la temperatura se mantiene casi constante (promedio anual de 27,1 °C) durante todo el año (Figura 2).

Según el mapa de zonas de vida levantado por Tosi (1969), basado en la clasificación mundial de Holdridge, esta isla se encuentra dentro de una zona

de vida de Bosque Seco Tropical con transición a húmedo (bs-T►), el clima es subhúmedo seco y muy caliente, con un largo período seco.

Geología

La parte insular del cantón de Puntarenas corresponde geológicamente a los materiales de los períodos Cretácico, Terciario y Cuaternario, siendo las rocas sedimentarias del Terciario las que predominan en la misma. De los materiales del Terciario, San Lucas presenta capas delgadas de limolita, lutitas, color gris oscuro y pardo, duras, bien estratificadas y masas lenticulares de caliza arrecifal con capas intercaladas de areniscas y calcarenitas. Del período Cuaternario se localizan rocas de origen sedimentario de la época Holoceno, las cuales corresponden a depósitos fluviales, coluviales y costeros recientes, ubicados en la parte central de la isla. Según Bergoing (1998), la isla forma parte de un sector dominado esencialmente por la tectónica (sucesión de anticlinales, fallados y plegados en areniscas provenientes del Paleoceno con afloramientos vulcano-sedimentarios, plegados y fallados del Cretácico al Terciario Medio. Por su parte Denyer y Kussmaul (2000) ubican la isla dentro de la Formación Descartes, esta consiste de 1500 m de alternancias cíclicas de areniscas, conglomerados y brechas, de composición vulcano-clásticas y carbonatadas depositadas durante el Paleoceno Superior-Eoceno Superior/Oligoceno Inferior.

Geomorfología

A excepción de la Isla del Coco, que es de origen volcánico, todas las islas de Costa Rica se han formado como remanentes de un macizo rocoso que originalmente formaba parte de tierra firme y una vez que se erosionaron los alrededores, las islas destacan como puntos geográficos más altos (Denyer y Kussmaul 2000). De manera que las islas como

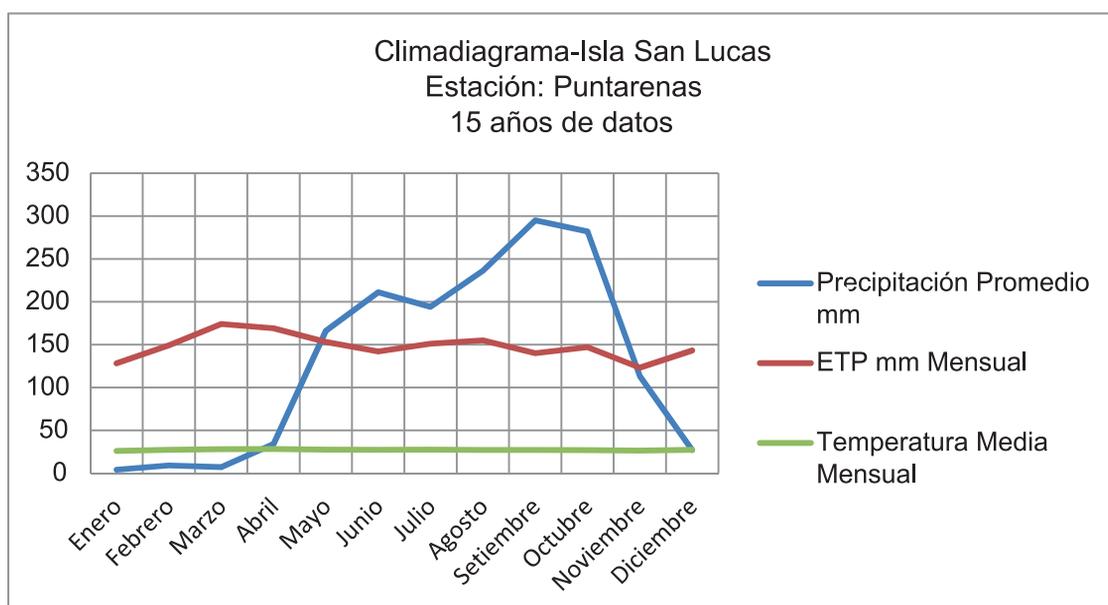


Figura 2. Climadiagrama de la Isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

San Lucas, hace 20 000 años eran tan solo montes ligeramente más altos que la topografía circundante y una vez que el nivel del mar subió, quedaron como terrenos aislados (Denyer y Kussmaul 2000).

La unidad geomorfológica de San Lucas es de origen estructural. Aunque la erosión ha influenciado el desarrollo de estas unidades, es la disposición de los estratos o los desplazamientos a lo largo de las fallas, lo que les ha dado la forma actual del terreno. La unidad estructural se manifiesta por un plegamiento sinclinal y buzante que presenta topografía suavemente ondulada y que desciende hacia el sur para luego salir a las partes meridionales de la isla (Figura 3). Algunas fallas presentes en la isla vuelven discontinuo el plegamiento presente. Los pliegues son dobladuras en las rocas y se distinguen mejor en rocas sedimentarias, cuando los estratos están doblados sin llegar a fracturarse. Se dividen en sinclinal, cuando son cóncavos hacia arriba y anticlinal, cuando son cóncavos hacia abajo (Denyer y Kussmaul 2000). La isla presenta dominancia de areniscas calcáreas, lutitas y calizas y su forma fue originada por movimientos tectónicos.

Es importante recordar que los factores formadores de suelos son cinco: el material parental, los organismos, el relieve, el clima y el tiempo, por eso es necesario conocer lo relativo a la geología, geomorfología, la temperatura, precipitación, evapotranspiración, la vegetación, la fauna, etc; para poder comprender la formación y génesis de los suelos y así poder estudiarlos y clasificarlos, para conocer sus características intrínsecas y su capacidad de uso, con respecto a la relación suelo-agua-planta, desde el punto de vista agrológico y agronómico.

Objetivo general

Determinar la capacidad de uso de las tierras y la taxonomía de los suelos de la isla San Lucas, con el fin de obtener la declaratoria de Parque Nacional para proteger y conservar los recursos naturales existentes.



Figura 3. Formación sinclinal en la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una fotointerpretación de la isla con base en la cartografía disponible, para definir las unidades de mapeo y la definición de los sitios de muestreo. Como material cartográfico básico, se utilizó la hoja Golfo, escala 1: 50 000 (IGN-Edición 3, 1989); de las hojas cartográficas Terra, se utilizó la Chara, escala 1: 25 000, fotografías aéreas Pancromáticas (IGN-Escala 1: 40 000) y Fotos Terra, 1997, escala 1: 40 000. El método empleado para realizar las observaciones de caracterización de suelos en el campo fue el de mapeo libre, con observaciones simples, para lo cual se utilizó el barreno tipo holandés Edelman, y observaciones detalladas en micro-calicatas y calicatas (Figura 4).

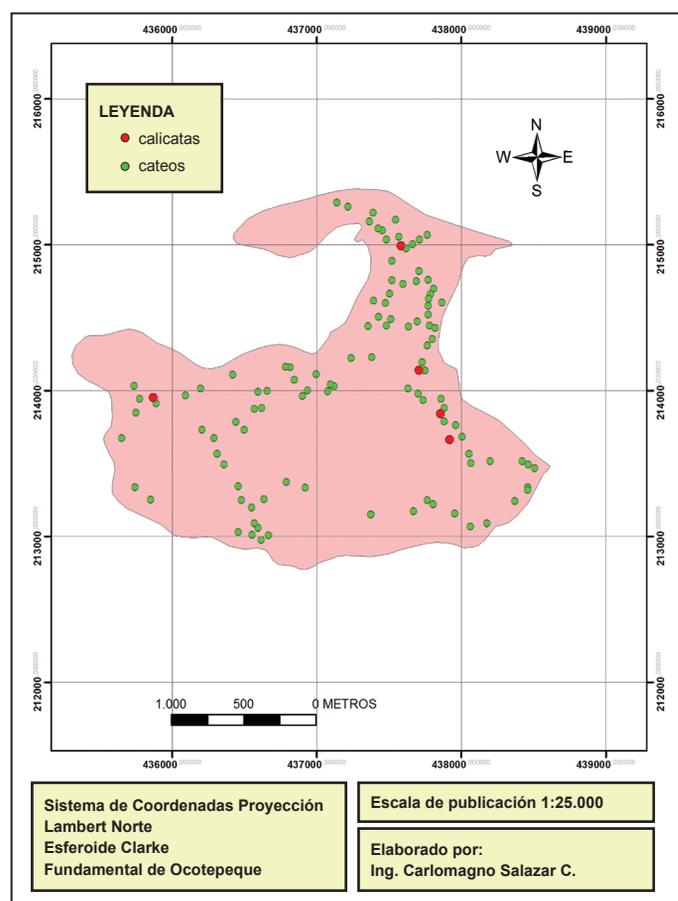


Figura 4. Ubicación de los puntos de cateos (observaciones simples con barreno Edelman) en color verde y con las observaciones detalladas (calicatas y micro-calicatas) en color rojo. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

El estudio correspondió al nivel de 3^{er} orden (3/10 observaciones km⁻², semidetallado), para lo cual se obtuvo una densidad promedio de 0,21 observaciones ha⁻¹, el mapa de suelos y capacidad de uso de las tierras corresponde a una escala de publicación de 1:25 000.

Los suelos se clasificaron considerando los factores edafogenéticos que participaron en su formación y con base en la taxonomía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a nivel de Órdenes, Subórdenes, Grandes Grupos y Subgrupos (USDA 2010). Las unidades de mapeo detectadas presentan características similares de uso y manejo de los suelos. Se utilizó como unidad de mapeo la consociación. Las tierras se clasificaron con base a la metodología oficial para la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica, Decreto Ejecutivo N° 23214 MAG-MIRENEM, publicada en la Gaceta 107 del 6 de junio de 1994, y para el mapeo del uso actual y cobertura de las tierras se utilizó la metodología Corine Land Cover, versión Colombia. Lo anterior porque Costa Rica no posee una metodología oficial para tal fin y porque actualmente se está trabajando con el liderazgo del INTA en adaptar el sistema colombiano a nuestras necesidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la investigación se describieron las características morfológicas de los diferentes horizontes genéticos y se muestrearon los mismos para su debida clasificación taxonómica. En total se analizaron cinco perfiles modales en toda la isla, cuyos resultados se exponen a continuación.

En cuanto a las características determinadas en el laboratorio, se realizó un resumen de los valores mínimos y máximos de pH, para los diferentes pedones y horizontes descritos. El pH determinado en los perfiles modales se ubicó en una escala de moderado a óptimo en todos los suelos de la isla, a excepción del perfil modal 3 en donde está de bajo a moderado (Cuadro 1 y 2). En resumen y a nivel general, los suelos de la isla no presentan problemas de acidez, ya que cuando el pH es menor de 5,5 el aluminio se vuelve soluble y es capaz de causar toxicidad a las plantas dañando directamente su sistema radical (Bertsch 1987).

Igualmente, se concluye que el nivel de carbono orgánico está en un rango de medio a bajo en todos los suelos que caracterizan a la isla San Lucas, si se multiplican los datos de carbono orgánico por un factor de conversión (1,724), igualmente se puede ver que los valores de materia orgánica son de medios a bajos; lo cual puede ser por una explotación intensiva de cultivos en el pasado, aunado a malas prácticas

de conservación y manejo de suelos como lo son las quemadas, escasez de cobertura boscosa, clima caliente en la isla, entre otras causas (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, actualmente la isla se encuentra en un proceso de regeneración forestal natural y a mediano y largo plazo pueden aumentar los contenidos de la fracción orgánica del suelo.

La materia orgánica es importante en los suelos porque participa en el color de los mismos e indirectamente favorece o dificulta la absorción de la energía solar en los suelos, los colores claros reflejan la mayoría de rayos solares y tienen un efecto albedo alto (50%), siendo suelos más fríos. La materia orgánica favorece la formación de agregados y por ende mejora la estructura del suelo. Además de contribuir a una mayor retención de la humedad del suelo, favorece la porosidad y aireación del mismo, incrementa la infiltración del agua dentro del perfil, mejora la capacidad de intercambio catiónico, así como la capacidad buffer, evitando cambios bruscos del pH y adsorbiendo sustancias tóxicas provenientes de herbicidas u otros plaguicidas (Fassbender 1993).

La fertilidad potencial de un suelo se refiere a la cantidad total de cationes de mayor importancia para el crecimiento de las plantas que se encuentran en equilibrio dinámico entre la inmovilización y la disponibilidad. Se mide mediante la capacidad de intercambio catiónico, el porcentaje de saturación de bases, la suma de bases y los cationes individuales, extraídos en acetato de amonio. Los valores registrados para cada uno de estos factores muestran una fertilidad potencial que clasifica como alta a través de todos los perfiles y en todos los suelos de la isla San Lucas, lo cual se debe principalmente a la génesis de los suelos, es decir, al material parental sedimentario que predomina en estos suelos (Cuadros 1 y 2). Así, el calcio se encuentra alto en todos los horizontes genéticos y pedones estudiados, el magnesio es óptimo y el potasio se encuentra de óptimo a alto, además la capacidad de intercambio catiónico es alta en todos los perfiles modales, así como la suma de bases y el porcentaje de saturación de las mismas.

La textura se refiere a la proporción relativa de partículas de suelos minerales menores a dos milímetros, arena, limo y arcilla. El comportamiento de un suelo será la respuesta a la interacción de las distintas fracciones y con la materia orgánica (Porta *et al.* 2003).

Cuadro 1. Resumen de características químicas del perfil 1 y 5, clasificados como Typic Haplustolls. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Horizonte A				
Variables	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	C.V.
pH	5,7	6,5		
C.O.%	1,46	2,01	1,78	13%
Ca*	26,91	36,29	31,75	15%
Mg*	6,07	8,56	7,04	15%
K*	0,21	1,57	0,70	91%
Suma de bases*	35,52	43,25	39,49	11%
CIC*	63,37	68,22	65,29	3%
% Saturación de bases	52,07	67,49	60,57	12%
Horizonte B				
pH	6,1	6,7		
C.O.%	1,10	1,83	1,33	26%
Ca*	37,45	40,87	39,08	4%
Mg*	3,53	6,94	5,51	31%
K*	0,29	1,25	0,73	67%
Suma de bases*	44,62	46,25	45,32	2%
CIC*	61,23	65,50	62,83	3%
% Saturación de bases	68,12	75,53	72,20	4%

CIC+bases extraídas con Acetato de Amonio (*cmol (+) kg⁻¹), pH en agua, Carbono Orgánico método de Walkley y Black (1938), Coeficiente de variación en %.

Cuadro 2. Resumen de características químicas del perfil 2, 3 y 4, clasificados como *Lithic Haplustolls*. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Horizonte A				
Variables	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	C.V.
pH	5,5	6,7		
C.O.%	0,55	2,19	1,35	53%
Ca*	32,75	53,06	41,49	19%
Mg*	3,32	8,15	6,20	34%
K*	0,29	1,46	0,90	65%
Suma de Bases*	42,36	60,46	48,59	11%
CIC*	56,96	82,59	64,93	6%
% Saturación de Bases	65,18	92,27	75,24	15%
Horizonte C				
pH	5,4	5,7		
C.O.%	0,55	0,55	0,55	0%
Ca*	28,73	37,31	33,02	18%
Mg*	4,15	4,61	4,38	7%
K*	0,55	0,84	0,69	30%
Suma de Bases*	33,43	42,76	38,09	17%
CIC*	48,42	65,5	56,96	21%
% Saturación de Bases	65,28	69,04	67,16	4%

CIC+bases extraídas con Acetato de Amonio (*cmol (+) kg⁻¹), pH en agua, Carbono Orgánico método de Walkley y Black (1938).

En todos los perfiles modales dominan las texturas medianas a moderadamente finas. La ligera adherencia y plasticidad, así como la moderada adherencia y moderada plasticidad estaría relacionada con la baja presencia de arcilla en todos los horizontes, ya que en todos los casos es <40% (Cuadro 3).

La textura tiene influencia en muchas características físicas y químicas de los suelos determinantes para la productividad y aptitud de uso; por ejemplo en la retención del agua del suelo, en la capacidad de intercambio de nutrientes, en el espacio aéreo, porosidad total, movimiento y almacenaje de agua, consistencia y facilidad de labranza, entre otras (Cabalceta 2009). Los cambios que eventualmente pueden ocurrir no son tanto por las transformaciones "in situ", sino por pérdidas de la capa superficial resultado de la erosión, del manejo antropogénico o el depósito de materiales superficiales (Mejía 1983).

Se puede resumir que las clases texturales coinciden entre medianas a moderadamente finas y que el contenido de arcilla es bajo en todos los horizontes y pedones estudiados (Cuadro 3). Por otro lado, el incremento de arcilla a través del perfil tiende a aumentar con respecto a la profundidad.

La conductividad hidráulica es la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua verticalmente hacia sustratos inferiores (Forsythe 1985). La conductividad hidráulica depende de la cantidad,

distribución, geometría de los poros, de la mineralogía del suelo, contenido de humedad y compactación o consolidación. La capa del pedón que posea la menor conductividad hidráulica es el parámetro que determina la misma en todo el suelo (Mejía 1983) (Cuadro 3). Así el pedón 5 es el que presenta la menor conductividad hidráulica, que clasifica como muy lenta, lo cual limita el drenaje, la infiltración del agua en el perfil del suelo, el agua almacenada, así como la erosión, haciendo más frágil al suelo hacia el potencial de degradación del mismo (índice de erodabilidad). Dicha conductividad hidráulica puede estar limitada por capas compactadas, producto de anteriores actividades agropecuarias en la isla o por estratos rocosos infrayacentes (subsuelo o subyacente) que son muy característicos en los suelos de la isla, los cuales a diferencia del pedón 1 (suelo muy profundo), son suelos superficiales o poco profundos con contactos líticos o paralíticos a una profundidad máxima de 58 cm.

Con los datos de suelos se construyó un mapa con la categoría de Subgrupo (Figura 5) y otro de fases por pendiente (Figura 6), de manera que se estableció una única unidad cartográfica a nivel de Consociación, a la cual se denominó "Consociación San Lucas". La isla San Lucas presenta un solo Orden de suelos: Mollisoles (olls), con solamente un Sub-Orden de suelos: Ustolls. Tiene solamente un Gran Grupo: Haplustolls y se determinaron dos Sub-Grupos: *Lithic Haplustolls* con un área de 400,76 ha y cinco fases por pendiente: ligeramente ondulada,

Cuadro 3. Resumen de las características físicas de todos los perfiles. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

No. Perfil	Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	D.p.*	D.a.*	Porosidad Total %	C.H.*	Tipo
1	A1	43,10	38,10	18,80	F	2,21	0,88	60,18	16,68	Rápida
1	A2	35,10	38,10	26,80	F-FA	2,10	1,23	41,43	0,92	Moderadamente lenta
1	A3	37,10	38,10	24,80	F	2,01	1,08	46,27	1,58	Moderadamente lenta
1	Bw1	39,10	34,10	26,80	F-FA					
1	Bw2	39,10	36,10	24,80	F					
5	A	25,10	42,10	32,80	FA	2,23	1,28	42,60	0,18	Lenta
5	Bw	31,10	38,10	30,80	FA	2,27	1,21	46,70	0,01	Muy lenta
5	BC	31,10	36,10	32,80	FA		1,24		0,10	Muy lenta
V.Min		25,10	34,10	18,80		2,01	0,88	41,43	0,01	
V.Max		43,10	42,10	32,80		2,27	1,28	60,18	16,68	
Promedio		35,10	37,60	27,30		2,16	1,14	47,44	3,87	
C.V.		16%	6%	17%		5%	13%	16%	171%	
Clasificación Taxonómica: Lithic Haplustolls										
No. Perfil	Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	D.p.*	D.a.*	Porosidad Total %	C.H.*	Tipo
2	A	57,10	30,10	12,80	Fa					
3	A	33,10	40,10	26,80	F-FA	1,96	0,88	55,10	4,99	Moderada
3	AC	31,10	36,10	32,80	FA					
3	C	45,10	28,10	26,80	F-FA-FAa					
4	A	43,10	34,10	22,80	F	1,90	1,07	43,68	3,97	Moderada
4	AC	41,10	32,10	26,80	F-FA					
4	C	43,10	28,10	28,80	FA					
V.Min		31,10	28,10	12,80		1,90	0,88	43,68	3,97	
V.Max		57,10	40,10	32,80		1,96	1,07	55,10	4,99	
Promedio		41,96	32,67	25,37		1,93	0,98	49,39	4,48	
C.V.		20%	14%	25%		2%	14%	16%	16%	

*Densidad de partículas y densidad aparente en g/cm³, conductividad hidráulica cm/h.

moderadamente ondulada, ondulada, fuertemente ondulada y escarpada; el *Typic Haplustolls* con un área de 41,56 ha y cinco fases por pendiente: plana, ligeramente ondulada, moderadamente ondulada, ondulada y fuertemente ondulada. Por su parte 19,68 ha no se pudieron clasificar y se consignaron como "Tierras Misceláneas", para un total de 462 ha estudiadas (Figura 5).

El relieve predominante en la isla San Lucas es el ondulado, seguido por un relieve entre fuertemente ondulado a escarpado que constituye aproximadamente un tercio del total del área de la isla. Por su parte el relieve entre ligeramente ondulado a moderadamente ondulado representa una cuarta parte del área total de la isla y el relieve plano tan solo corresponde a poco más de un 1% del total del área en estudio.

Capacidad de uso de las tierras

De acuerdo con la Metodología para la Determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (decreto ejecutivo N°23214-MAG-MIRENEM,1995), y al evaluar los parámetros de pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, texturas, pedregosidad, fertilidad, salinidad, toxicidad de cobre, drenaje, riesgo de inundación, zonas de vida, meses secos, neblina y ocurrencia de vientos, se definieron seis clases de capacidad de uso y se delimitaron 50 unidades de manejo diferenciadas por pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, texturas, grado de pedregosidad y drenaje (Figura 7). Así, se encontraron 13 unidades de manejo de clase III, seis de clase IV, 13 de clase V, cuatro de clase VI, dos de clase VII y 12 de clase VIII (Figura 7).

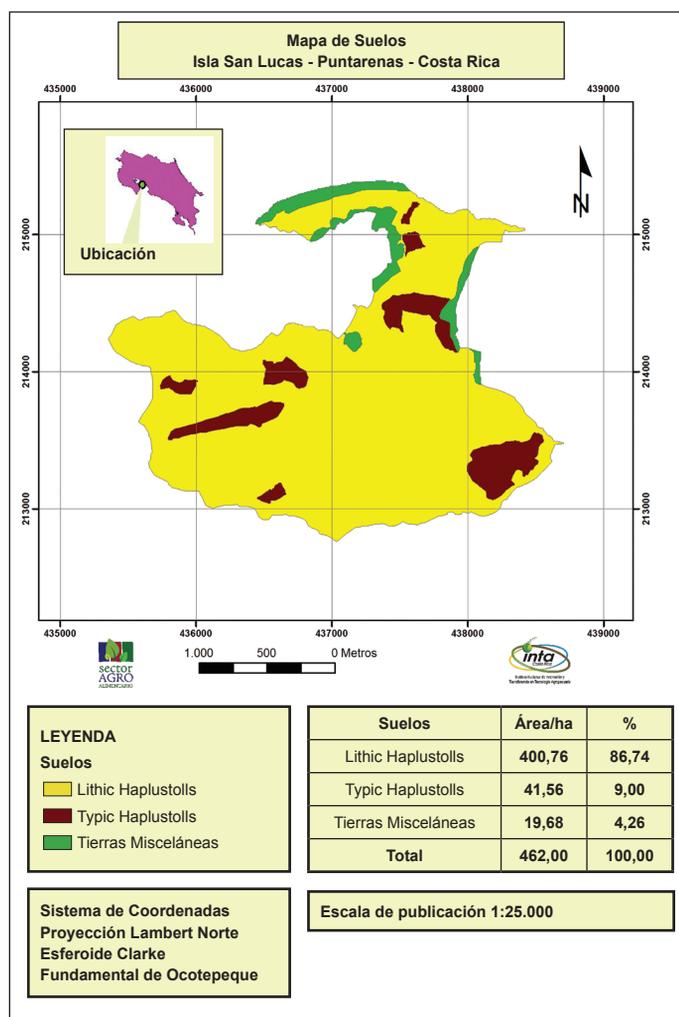


Figura 5. Clasificación taxonómica de suelos de la isla San Lucas a nivel de Subgrupo. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

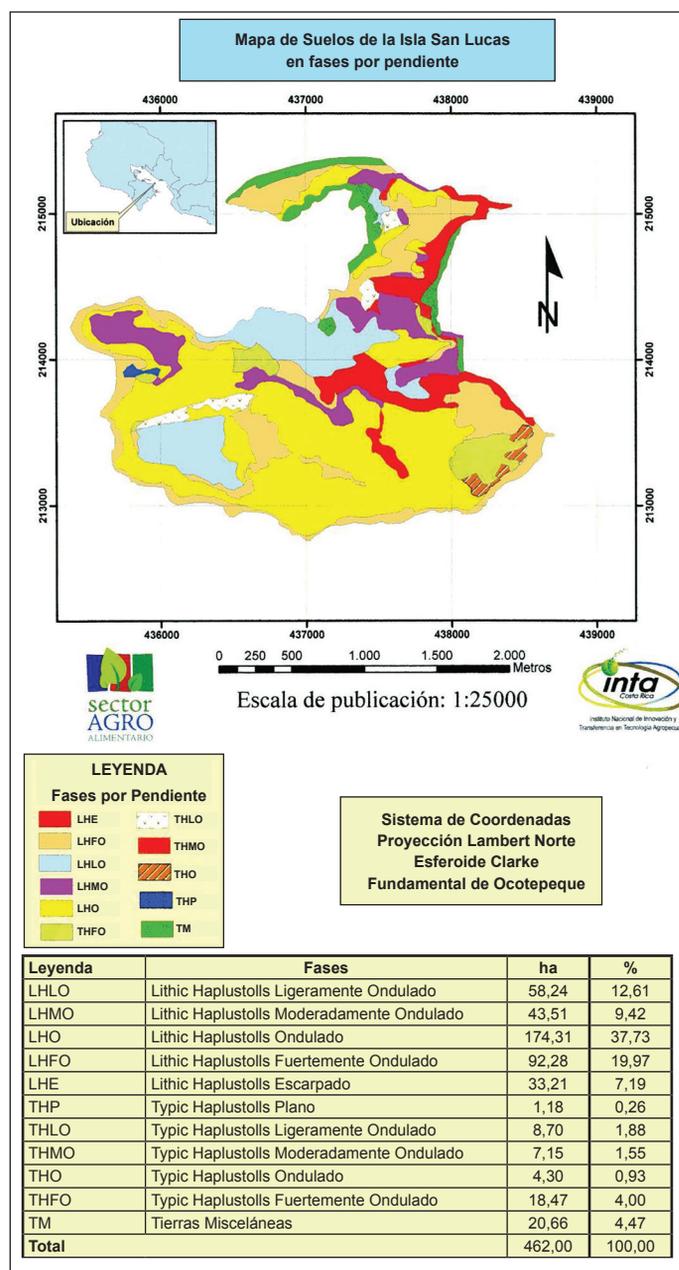


Figura 6. Mapa de suelos de la isla San Lucas en fases por pendiente. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

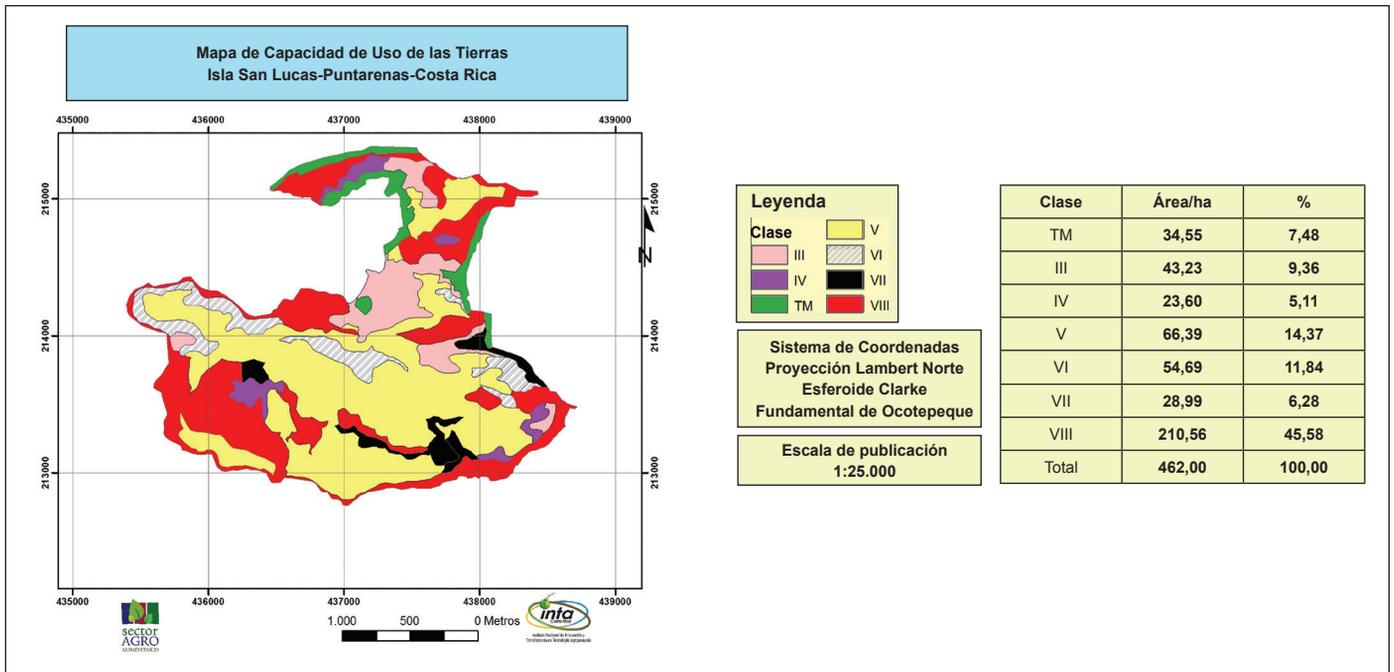


Figura 7. Capacidad de uso de las tierras de la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Uso Actual

Para determinar la cobertura y el uso de la tierra se utilizó el clasificador Corine Land Cover con los códigos colombianos (Cuadro 4).

La cobertura de la tierra que abunda en la isla es el bosque natural fragmentado, que contiene pequeñas áreas de pasturas naturales, las cuales sirven de alimento a los venados, pero que actualmente está en sucesión ecológica, rumbo a convertirse en cobertura boscosa (bosque secundario) (Figuras 8 y 9)

Cuadro 4. Uso actual y cobertura de las tierras

Uso actual y cobertura	Código CLC*	Área	
		ha	%
Bosque de mangle	314	4,85	1,05
Bosque plantado	315	1,00	0,22
Zona pantanosa	411	1,63	0,35
Bosque natural fragmentado	312	445,95	96,53
Playa	331	8,04	1,74
Infraestructura	113	0,53	0,11
Total		462,00	100,00

*Corine Land Cover.

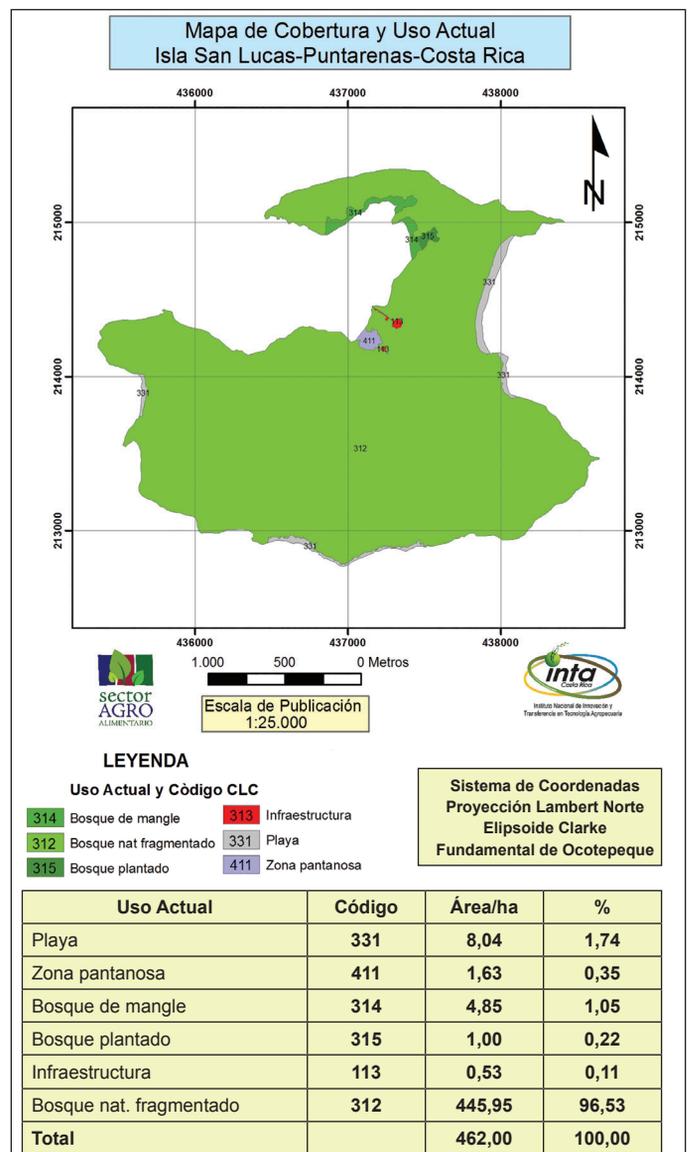


Figura 8. Cobertura y uso actual de las tierras de la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

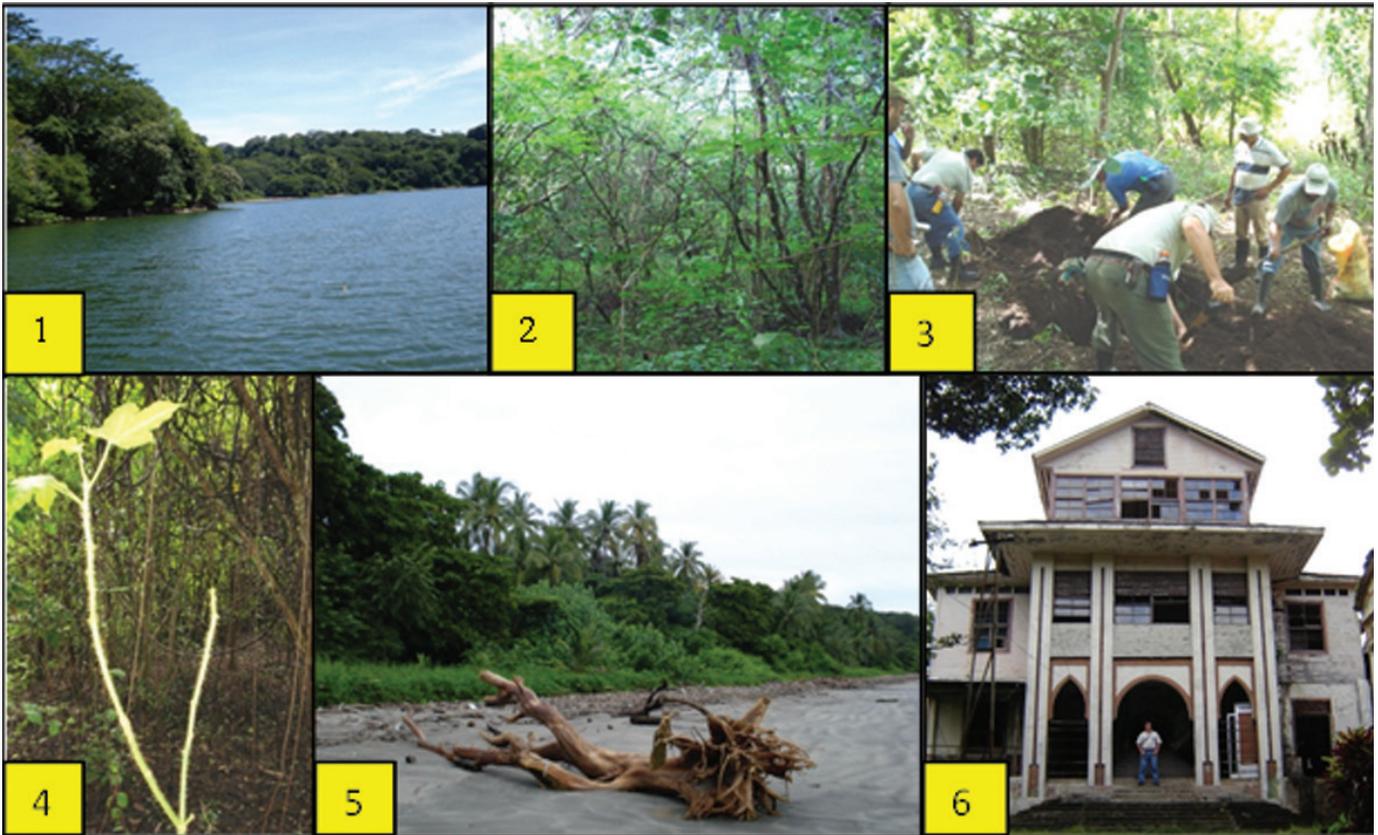


Figura 9. Uso actual de las tierras en la isla San Lucas, 1: bosque de mangle, 2: bosque natural fragmentado, 3: bosque plantado, 4: zona pantanosa, 5: zona de playa, 6: infraestructura. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Conforme a los datos físicos y químicos reportados por el laboratorio de suelos del INTA y a la descripción morfológica de los perfiles modales, los suelos de la isla San Lucas clasifican dentro de los mejores suelos del mundo, los Mollisoles, los cuales son bastante escasos en el país. Sin embargo, más del 86% de esos suelos tienen limitaciones de profundidad efectiva, en donde aparecen contactos líticos y paralíticos dentro de los primeros 50 cm de profundidad (420 ha), lo cual limita cualquier actividad agrícola, principalmente de cultivos anuales, semi-permanentes o permanentes, o de proyectos de reforestación antropogénica. Dado lo anterior y a la amplia diversidad biológica de la isla, y con base en los resultados de capacidad de uso de las tierras, más del 90% del área debe estar bajo protección de los recursos naturales: fauna, flora, suelo y agua dulce, por lo que se recomienda realizar una “declaratoria de parque nacional” sobre este recurso. Un 9% de los suelos son muy fértiles y profundos en relieves que van desde casi-planos hasta fuertemente ondulados, es decir, que tan solo un 4% del área de la isla (18 ha) tiene vocación para

cultivos anuales o pasto. Además de lo anterior, está el hecho de que la isla no posee ríos, solamente quebradas en forma intermitente y pozos; por lo cual el recurso agua es escaso, y aunado a 5 o 6 meses de sequía (meses secos), el agua se convierte en una gran limitante para la producción sostenida y comercial de alimentos. Así mismo, alrededor de un 70% de la isla es de relieve ondulado a escarpado, lo que dificulta escoger áreas para la mecanización de la agricultura, sin causar degradación del recurso suelo. Casi el 60% de la isla es de clase VII, VIII o está en tierras misceláneas, por lo tanto, más de la mitad de la isla no tiene vocación agropecuaria, sino de protección a los recursos naturales. La isla San Lucas tiene una amplia diversidad biológica y una gran belleza escénica, con 8 ha de playas y grandes áreas de bosque, humedales y manglares que se deben conservar y explotar en proyectos ecoturísticos que no contaminen el medio ambiente. Sin embargo, carece de obras de infraestructura para atención del público, en los servicios básicos, caminos y de rescate al patrimonio nacional.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los ingenieros que participaron en la fase de campo del estudio, Renato Jiménez Zúñiga, Albán Rosales Ibarra, Esteban Loría Solano, Luis Dionisio García Giró, Donald Vásquez Pacheco y a los asistentes de campo: Luis Guillermo Molina Cambronero y Jorge Vásquez Ramírez. Y a los revisores de este artículo: Dr. Alfredo Alvarado Hernández e Ing. German Aguilar Vega.

LITERATURA CITADA

Barrantes, LD.; Bustamante, A.; Carvajal, JP.; Castro, J.; Castro, M.; Gálvez, R.; Hermes, MS.; Morales, A.; Pomareda, E.; Rangel, O.; Rondón, M.; Rosales, M.; Zanella, I. 2006. Estudio de línea base de la flora y fauna del Refugio Nacional de Vida Silvestre Isla San Lucas. Heredia, Costa Rica. Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, UNA. 156 p.

Bergoeing, JP. 1998. Geomorfología de Costa Rica. San José, Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. 409 p.

Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2 ed. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 82 p.

Cabalceta, G. 2009. Relación suelo-planta arcillas (en línea). San José, Costa Rica. UCR. Consultado 20 mar. 2009. Disponible en <http://www.agro.ucr.ac.cr/resuepla>.

Denyer, P.; Kussmaul, S. 2000. Geología de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 520 p.

Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Costa Rica. CATIE. Turrialba. 530 p.

Forsythe, W. 1985. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, Costa Rica. IICA. 212 p.

IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. 2008. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia. Escala 1:100.000, Bogotá, CO. Versión 1.1. 53 p.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1989. Hoja cartográfica Golfo. Ed. 3. San José, Costa Rica. Esc. 1: 50 000. Color.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1997. Hoja topográfica Chara. Proyecto Terra. San José, Costa Rica. Esc. 1: 25 000. Digital.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1997. Fotografías Terra. Proyecto Terra. San José, Costa Rica. Esc. 1: 40 000.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). (s.f.). Fotografías aéreas pancromáticas. San José, Costa Rica. Esc. 1: 40 000.

MAG-MIRENEM. (Ministerio de Agricultura y Ganadería-Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, Costa Rica). 1995. Decreto Ejecutivo No. 23214. La Gaceta No. 107, 16 de junio de 1994. 48 p.

Mejía, L. 1983. Pedología Descriptiva. Compendio de normas para el examen y descripción de suelos en el campo y en el laboratorio. Bogotá, Colombia. Centro Interamericano de fotointerpretación, Unidad de Suelos y Agricultura. 176 p.

Muñiz U, O. 2008. Los microelementos en la agricultura. La Habana, Cuba. Ministerio de Agricultura, Instituto de Suelos. 130 p.

Porta, J.; Acevedo, ML.; Laburu, Costa Rica de 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 960 p.

Tosi, JA. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical.

USDA (United States Department of Agriculture) Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. 11th ed. Natural resources conservation services, US. 207 p.

Walkley, A.; Black, CA. 1938. An examination of the degtjareffs for determining soil organic matter, and proposed modification of the cromatic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.