

CHARLES HUTTEL*

Zonification bioclimatique et formations végétales aux îles des Galapagos

Une étude cartographique des îles des Galapagos demandée et financée par INGALA (Instituto Nacional de Galápagos), réalisée par PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización Agropecuaria) et ORSTOM (Institut Français de Recherche pour le Développement en Coopération) a nécessité la réalisation de cartes thématiques dont celle des formations végétales naturelles. L'élaboration de cette dernière a requis l'utilisation de divers documents, images photographiques aériennes et de satellites, bibliographie et observations de terrain. De cet ensemble, on peut tirer quelques résultats qui, bien qu'ayant servi à la réalisation des cartes de végétation, n'apparaissent pas explicitement sur les documents désirés par INGALA. Il s'agit dans le cas présent d'essayer de définir quelques règles du déterminisme de la répartition des formations végétales naturelles.

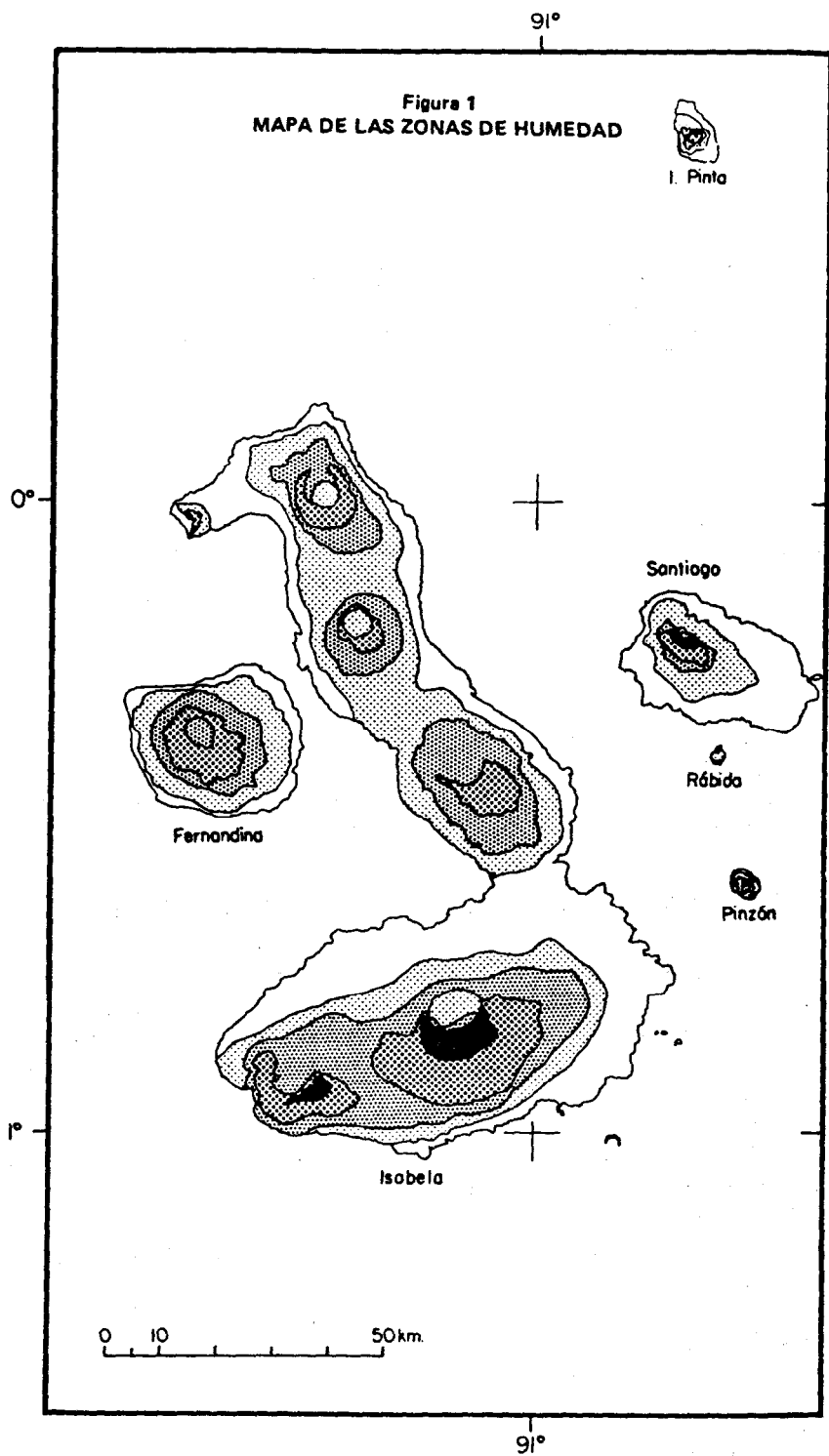
I. ÉTAT DES CONNAISSANCES ET BUT DE CE TRAVAIL

La flore de l'archipel est relativement bien connue et l'état de cette connaissance à la fin de la décade 1960 est donné dans « Flora of Galapagos Islands (1971) » ; de nombreuses publications ont été consacrées à des révisions systématiques de certains genres endémiques et au signalement d'espèces ou de stations nouvelles.

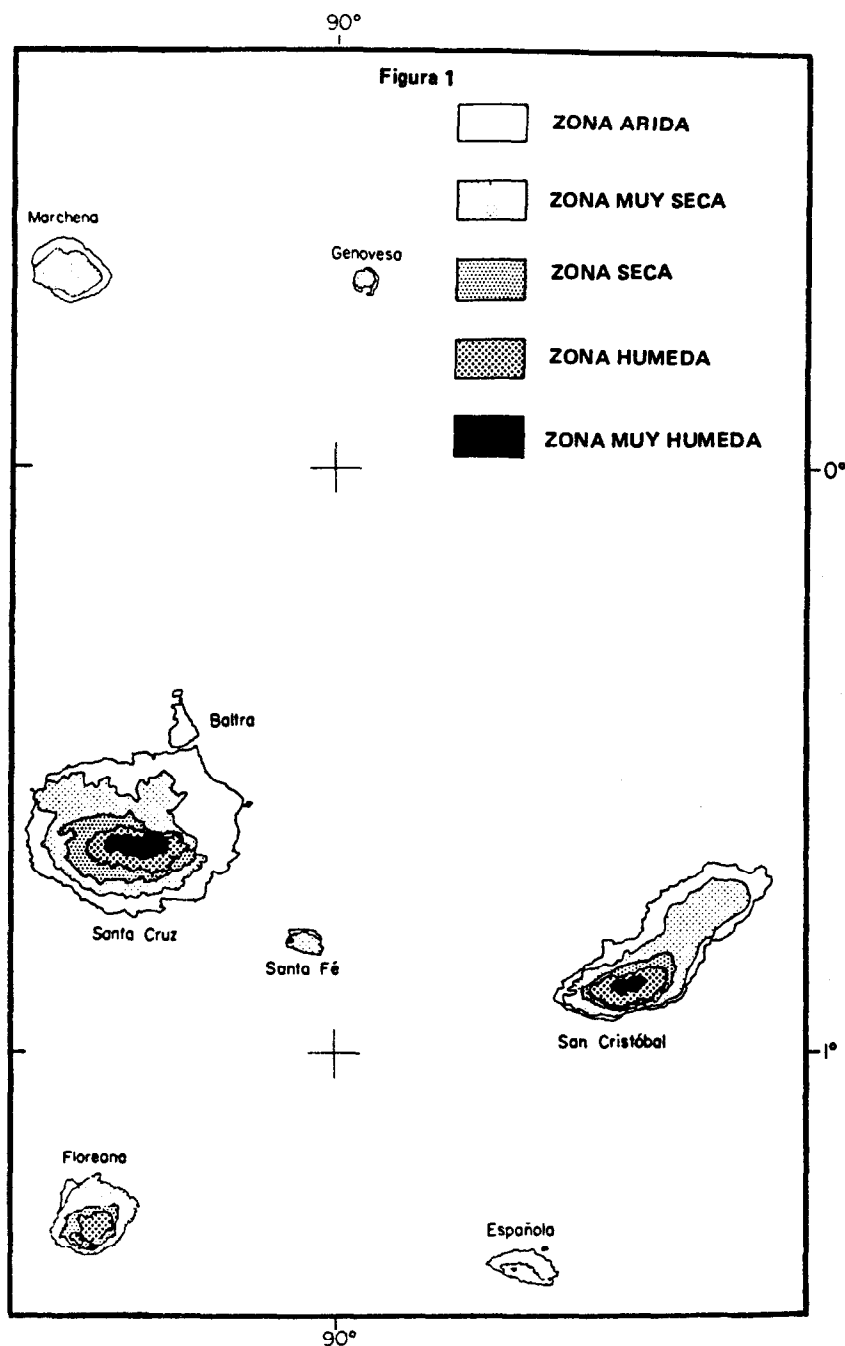
La description des formations végétales a été abordée soit grossièrement par le biais de listes de plantes par zone climatique (Black 1973), soit ponctuellement et de manière très détaillée (Hamann 1981).

En ce qui concerne la cartographie, on peut mentionner une esquisse des étages de végétation du versant sud de Santa Cruz (Schofield 1970) ainsi que des croquis des zones bioclimatiques selon Holdridge (PRONAREG 1978, Collin-Delavaud *et al.* 1982). Il faut aussi signaler des relevés le long de transects où l'on lie des changements de composition floristique à des étages altitudinaux (Reeder & Riechert 1975, Hamann 1981).

(*) ORSTOM - Quito



ZONIFICACION BIOCLIMATIQUE ET FORMATIONS VÉGÉTALES



Bases cartográficas Mapa IGM 1/500.000, Mapas U. S. Navy 1/60.000, 1946-1947; Imágenes Landsat 1976-1984.

Interpretación, trabajos de campo y restitución de datos: Departamento de Geomorfología de PRONAREG, Quito, y HUTTEL Ch. & WINCKELL A., 1984-1985.

Le but du présent travail est de donner, pour l'ensemble de l'archipel, exceptées les îles les plus septentrionales de Darwin et Wolf, une carte des zones climatiques, essentiellement d'humidité, un tableau de correspondance entre ces zones et les formations végétales et finalement les traits communs de ces formations, la couverture étant aussi large, le niveau de détail visé est nettement inférieur à celui de travaux réalisés sur des surfaces plus petites ou durant des temps plus longs. L'emploi de toutes les photographies aériennes et images satellitaires disponibles permet néanmoins de présenter une analyse de toutes les îles selon la même méthode, homogénéisant ainsi les résultats ayant été obtenus auparavant de façon plus fragmentaire.

LES ZONES CLIMATIQUES DES GALAPAGOS

Les importants contrastes entre les étages climatiques sont reconnus depuis longtemps pour leur rôle sur la distribution des types de végétation (Stewart 1915). Si leur délimitation peut être envisagée par le biais de l'analyse des variations de composition floristique, il est plus difficile de les caractériser par des valeurs de paramètres pluviométriques et thermiques. Les traits généraux du climat des Galapagos dans le contexte Pacifique équatorial sont résumés par Palmer et Pyle (1981) et les phénomènes accidentels sont analysés par Wyrski (1981). Les données de précipitation et de température des stations existantes ne permettent pas de couvrir l'ensemble des situations ; les stations sont localisées exclusivement sur les versants sud et entre le niveau de la mer et 400 m en altitude ; cette dernière limitation interdit la recherche d'étages thermiques ; le gradient thermique calculé entre 0 et 300 m d'altitude serait de 1° par 75 m alors qu'en Equateur continental cette valeur serait de l'ordre de 1° par 300 m. Il est évident que ce gradient ne peut être extrapolé aux altitudes supérieures et doit être imputé au phénomène saisonnier de brouillard de saison sèche accroché aux faibles et moyennes altitudes des flancs exposés au sud.

En s'appuyant sur les rares stations pluviométriques et en adoptant le découpage en zones d'humidité telles qu'elles ont été définies pour l'Equateur continental (PRONAREG-ORSTOM 1983), on peut reconnaître les zones suivantes :

- Zone aride : les précipitations ne dépassent pas 400 mm/an, le déficit hydrique estimé par la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle estimée par la méthode de Thornthwaite dépasse 1 000 mm/an et tous les mois présentent un déficit hydrique. Les nombreuses stations pluviométriques côtières sont dans cette zone.
- Zone très sèche : les précipitations peuvent atteindre 800 mm/an, le déficit hydrique annuel reste élevé, de l'ordre de 600 à 1 000 mm et 10-11 mois présentent un déficit hydrique. Cette zone habituellement inhabitée, car située entre les ports et les zones agricoles, ne possède que deux stations pluviométriques, l'une à sa limite inférieure et l'autre à sa limite supérieure et les valeurs indiquées ici sont largement inspirées de celles du continent.

- Zone sèche : les précipitations annuelles sont comprises entre 800 et 1 100 mm, le déficit hydrique est réduit à 300-600 mm/an et 8 à 10 mois de l'année doivent être considérés comme secs. Cette zone correspondant à la partie basse des zones agricoles, possède quelques stations qui ont permis d'élaborer ces valeurs.
- Zone humide : les précipitations dépassent 1 000 mm/an et peuvent atteindre 1500, voire 1 800 mm/an, le déficit hydrique annuel se limite à 200-300 mm et 4 à 8 mois présentent un déficit hydrique. De trop rares stations localisées dans les parties hautes ou de moyenne altitude des zones agricoles ont fourni ces données très approximatives.
- Zone très humide : aucune station pluviométrique ne peut fournir de données pour cette zone qui a été distinguée essentiellement pour des raisons botaniques, changement brutal de physionomie de la végétation par le remplacement des forêts par des fourrés et des prairies, variation dans la composition floristique par l'apparition de nombreuses espèces méso-philés voire hygrophiles, augmentation du nombre d'espèces épiphytes ; la présence de mares saisonnières permet aussi de supposer une humidité accrue. Pour mémoire, les valeurs retenues sur le continent pour cette zone sont : précipitations supérieures à 1 500 mm/an, déficit hydrique annuel inférieur à 200 mm et un nombre de mois secs compris entre 1 et 4.

II. LA CARTE DES ZONES D'HUMIDITÉ

Elle a été obtenue par l'interprétation manuelle de tirages en fausses couleurs d'images multispectrales Landsat ; les limites obtenues ont été précisées sur les photographies aériennes et sur le terrain et on a attribué à chaque zone les caractéristiques climatiques des stations qu'elle englobe. La généralisation s'est faite par la relation zone d'humidité/végétation qui sera donnée plus loin. Les documents originaux ont été élaborés à l'échelle de 1/100 000 et la carte présentée en est une réduction.

Les zones d'humidité se disposent selon l'altitude, les plus sèches se situant aux altitudes les plus faibles. Néanmoins, deux phénomènes viennent troubler cette règle simple ; d'abord la dissymétrie entre les versants exposés au sud et ceux exposés au nord, les zones sèches atteignant sur ces derniers des altitudes supérieures à celles relevées sur les versants orientés au sud ; ensuite l'inversion de cette gradation sur les plus hauts volcans où les zones les plus humides se situent à flanc de montagne et sont relayées plus haut par des zones moins humides. Ces phénomènes étaient connus mais reçoivent, par l'emploi des images satellitaires, une confirmation et leur généralisation.

Zona Climática	Fisionomía de la Vegetación		Especies características	Tipo de formación vegetal	Observaciones	
Arida 12 meses secos	Franja litoral	Arborea densa Herbacea o arbustiva abierta	Rhizophora, Avicenia Cyperaceae, Ipomea, Maytenus	Manglar Vegetación de playa		
	Tierra adentro	Herbacea abierta Arbustiva abierta a densa Arborea abierta	Poaceae Cactaceae, Castela, Scutía Acacia, Parkinsonia, Prosopis	Pradera estacional Matorral espinoso Bosque abierto (leguminosas)	Abundancia de plantas espinosas	Vegetación localmente muy perturbadas por las lluvias de invierno 1982
Muy seca 10-11 meses secos	Arbustiva abierta a densa Arborea abierta a densa		Lantana, Lippia Macraea Bursera, Erythrina, Zanthoxylum	Matorral deciduo o semideciduo Bosque deciduo (Palo Santo)	Zona de predilección del palo Santo	
Seca 8-10 meses secos	Arbustiva densa Arborea abierta a densa		Psychotria, Chiococca Pisonia, Psidium, Sapindus	Matorral semideciduo o siempre verde Bosque semideciduo (pega-pega, guayabillo, jaboncillo)	Zona de transición muy heterogénea	
Húmeda 4-8 meses secos	Herbacea abierta a densa Arbustiva densa Arborea densa		Cyperaceae, Poaceae Acnistus, Darwiniothamnus, Tournefortia Scalesia, Zanthoxylum	Pradera siempre verde "Pampa" Matorral siempre verde Bosque siempre verde (lechoso, uña de gato)	Zona de mayor riqueza en especie epifíticas: Helechos, musgos, orquídeas, Peperonia Lycopodium etc.	Zonas con mayor intervención humana y con marcada influencia de animales y plantas introducidas
	Muy húmeda menos de 4 meses secos	Herbacea densa Arbustiva densa		Poaceae Miconia, Tournefortia		

III. RELATION HUMIDITÉ-VÉGÉTATION

La définition, à l'aide de données climatiques fragmentaires, de ces cinq zones climatiques que nous confondons à des étages de végétation, n'est pas communément admise et nécessite d'être corroborée par des indications de composition floristique.

Le tableau n° 1 donne pour chaque zone d'humidité les principales caractéristiques de la végétation. La physionomie, et donc la dénomination des formations végétales, a été réalisée sur photographies aériennes avec trop peu de points de terrain ; c'est pourquoi la physionomie mentionnée est celle de la strate supérieure ; une indication de formation arborée n'exclut pas l'existence d'une strate arbustive ou herbacée à l'ombre des arbres. Lors de la réalisation des cartes de végétation, on a pris soin de représenter des combinaisons de structures qui n'apparaissent pas dans ce tableau, forêt claire sur fourré ou arbustes épars sur prairie par exemple. Les plantes citées dans la colonne « Plantes caractéristiques » ne sont pas, à quelques exceptions près, des plantes exclusives et les commentaires suivants sont nécessaires pour donner à chacune son rôle dans la discrimination des formations végétales. Ne sont pas incluses dans ce tableau les formations pionnières sur substrats jeunes ni les formations anthropiques ou dégradées.

En se limitant aux formations ligneuses, les principales caractéristiques de la végétation de chaque zone sont les suivantes :

- Dans la zone aride les formations arborées non soumises à l'action directe de la mer présentent un ensemble de particularités de divers ordres ; ce sont presque toujours des formations ouvertes, on y trouve de nombreuses légumineuses (*Parkinsonia aculeata*, *Acacia sp.*, *Prosopis sp.*) et cactus (*Jasminocereus thouarsii*, divers *Opuntia*) et finalement on peut être frappé par la forte fréquence de plantes épineuses. Quelques espèces d'arbres présents dans cette zone peuvent se rencontrer dans des formations moins sèches : *Cordia lutea* qui préfère les sols profonds sur matériaux fins, *Bursera graveolens* présent en petits peuplements peu denses dans les zones les plus rocailleuses, individus isolés de *Piscidia carthagenensis*. La végétation arbustive peut être très dense et former des fourrés impénétrables et bien défendus par les épines de *Scutia pauciflora* ou de *Castela galapageia*. Dans des formations arbustives plus ouvertes on trouve les espèces plus xérophiles du genre *Scalesia*, *S. affinis*, *S. atractyloides*, *S. crockeri*, etc. D'autres arbustes rencontrés dans cette zone peuvent se retrouver avec une fréquence et un développement accrus dans des zones moins sèches, *Croton scouleri var. scouleri*, *Walteria ovata*, *Lantana peduncularis*.
- Les forêts de la zone très sèche sont les plus faciles à caractériser, il s'agit de forêts de *Bursera graveolens*. A cette espèce largement dominante s'ajoutent des pieds isolés d'*Erythrina velutina*, de petits groupes de *Pisonia floribunda* ou de *Zanthoxylum fagara*. L'aspect de ces forêts est variable allant de forêts claires à des forêts denses avec des arbres dont la

hauteur varie de 1-2 m à 10 m. Cette formation est présente dans toutes les îles ayant une zone très sèche avec pour seule exception l'île Pinzon où *Bursera* est absent et la zone très sèche est occupée par un fourré dense d'arbres très bas où l'on remarque en particulier *Prosopis juliflora*.

Les formations arbustives comptent en plus des espèces mentionnées auparavant des densités significatives de *Lippia rosmarinifolia* et de *Macraea Laricifolia*. Dans les formations ouvertes, arborées ou arbustives, subsistent des pieds de cactus mais uniquement du genre *Opuntia*.

- La végétation de la zone sèche est la plus difficile à caractériser tant par l'absence d'espèces nettement dominantes que par la variabilité de la végétation de cette zone d'une île à l'autre ; l'appellation communément admise de « zone de transition » serait donc justifiée. Sur le versant sud du volcan Sierra Negra, les forêts de cette zone sont dominées par *Sapindus saponaria* mais dans la plupart des autres îles *Psidium galapageium* marque la zone sèche. Néanmoins les changements par rapport à la végétation de la zone précédente sont suffisamment importants pour justifier cette séparation que certains auteurs ne font pas. Tout d'abord des critères négatifs : cette zone est celle où *Bursera* est pratiquement absent ou du moins ne forme plus de peuplements importants ; c'est aussi une zone où n'apparaissent pas encore les formations d'arbres mésophiles à feuilles persistantes que l'on trouvera dans la zone humide. Mais ces forêts ont des caractéristiques propres qui les distinguent : ce sont des forêts semi-décidues, avec un nombre plus important d'espèces et des arbres plus gros et plus hauts que dans les forêts des zones voisines. Dans la végétation arbustive, on trouve des espèces à feuilles plus grandes que dans la zone très sèche et parfois des espèces à feuilles persistantes, *Chicocca alba*, *Psychotria rufipes*.

- La zone humide offre un autre exemple de végétation hétérogène d'une île à l'autre. Les caractéristiques les plus générales de la végétation sont d'être sempervirente, d'avoir des feuilles grandes et de compter un nombre significatif d'espèces épiphytes. Selon les îles, les formations arborées sont dominées par *Zanthoxylum fagara* ou des espèces mésophiles du genre *Scalesia*, *S. cordata*, *S. microcephala* et *S. pedunculata*. *Solanum erianthum* bien que souvent présent dans cette zone n'arrive que rarement à dominer. La présence de *Zanthoxylum fagara* depuis la zone très sèche est intrigante et on note uniquement une augmentation de la hauteur et de la densité des individus sans pouvoir distinguer des variétés comme dans le cas de *Darwiniothamnus*. Dans la zone humide les arbres sont plus bas et plus grêles que dans la zone sèche.

Les arbustes sont à feuilles grandes et persistantes, *Acnistus ellipticus*, *Psychotria rufipes*, *Tournefortia rufo-sericea*. C'est dans cette zone que *Darwiniothamnus tenuifolius* est le plus abondant malgré la présence de ses variétés à feuilles étroites dans les zones plus sèches.

- La zone très humide voit la diminution de l'importance des formations ligneuses, ne subsistant que des formations arbustives et herbacées. Dans

l'île de Santa Cruz cette zone englobe deux étages reconnus par tous les auteurs, l'étage de *Miconia* et l'étage des « pampas » (prairies). Si les prairies existent sur diverses îles il n'en est pas de même pour *Miconia robinsoniana* qui n'est présent que sur les îles Santa Cruz et San Cristobal et encore sans former de peuplements importants sur cette dernière. Dans certains cas *Tournefortia nifo-sericea* forme des fourrés denses dans cette zone. Il n'a pas semblé nécessaire de séparer ces deux étages en deux zones, tout d'abord parce que les images satellite n'y invitaient pas, ensuite parce que l'extension actuelle des prairies semble s'être faite au détriment de formations ligneuses et sous l'action de l'homme et des animaux introduits.

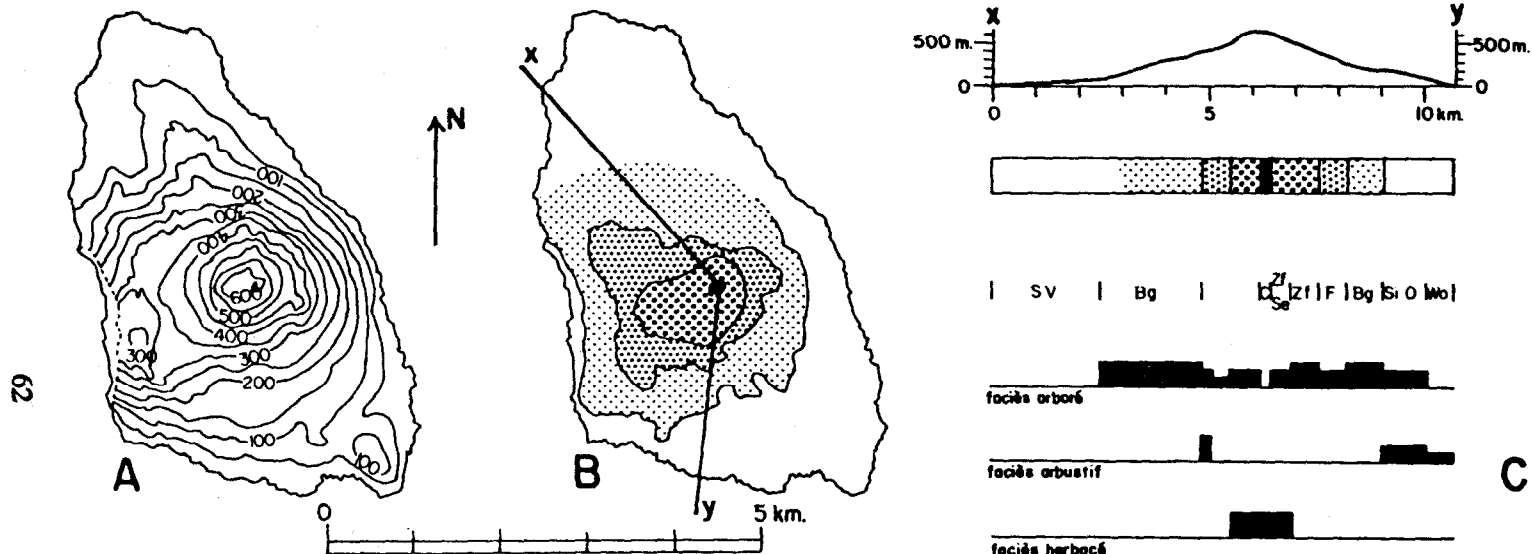
IV. DEUX EXEMPLES

On a choisi d'illustrer l'agencement des zones d'humidité et des formations végétales dans deux îles de moyenne superficie, Pinta et Santiago.

Le relief de l'île Pinta (carte 2a) est très régulier avec un édifice volcanique central culminant à plus de 600 m d'altitude. Grâce à ce relief prononcé et malgré la taille réduite de cette île (13 km dans sa plus grande dimension et 5 km seulement pour joindre la plage au sommet) on peut y trouver toute la séquence de zones d'humidité reconnue ailleurs aux Galapagos. Cette île présente aussi l'intérêt de comporter deux parties avec des substrats d'âges très différents, des coulées et des projections récentes dans sa partie est et nord et des roches volcaniques déjà altérées dans sa partie est. On a fait passer le transect de végétation dans la partie est, celle dont la végétation est la plus développée.

Les zones d'humidité (carte 2b) se présentent sous forme d'auréoles concentriques avec un net décalage vers le sud exposé aux vents chargés d'humidité. Il a été impossible de dessiner la limite entre la zone aride et la zone très sèche dans la partie nord de l'île où les coulées et les cônes volcaniques récents ne portent qu'une végétation très sporadique de *Brachycereus nesioticus*, *Vallesia glabra*, quelques fougères et cypéracées pionnières et des liquens incrustants.

Le transect (figure 2c) tente de donner l'ensemble des renseignements recueillis sur les images et le terrain. La zone aride est occupée par des formations ouvertes arbustives ou arborescentes parfois mélangées où on remarque en particulier *Scalesia incisa* et *Opuntia galapageia*; *Croton scouleri* devient abondant dès les premières hauteurs alors que *Walteria ovata* est plus abondant dans les parties les plus basses; localement *Castela galapageia* ou *Prosopis juliflora* peuvent dominer. La zone très sèche porte une forêt dense de *Bursera graveolens* avec des pieds isolés de *Pisonia floribunda* et de *Zanthoxylum fagara*. La zone sèche voit un très net accroissement de la densité de *Pisonia floribunda* et *Bursera graveolens* ne subsiste plus que sous forme d'individus isolés dans la partie basse de cette zone. La taille de *Zanthoxylum fagara* augmente sensiblement et sa densité croît avec l'altitude au point de dominer *Pisonia* dans la partie

Figura 2
ISLA PINTA

a) Topografía, equidistancia de las curvas de nivel 50 m; b) Zonas de humedad; c) Transecto X-Y, de lo alto a lo bajo, corte topográfico, zonas de humedad, plantas dominantes, densidad de los estratos de vegetación según las fotografías aéreas de nula a cerrada (altura de lo figurado proporcional en una escala de 0 a 3). Plantas dominantes: Bg *Bursera graveolens*, C Ciperáceas, O *Opuntia galapageia*, F *Pisonia floribunda*, Se *Solanum erianthum*, Si *Scalesia incisa*, SV sin vegetación, Wo *Walteria ovata*, Zf *Zanthoxylum fagara*.

Figura 2 & 3 (leyenda común)

Base y fondo topográfico: Mapas U.S. Navy, imágenes Landsat y fotografías aéreas interpretadas y restituidas por P. de la TORRE, Departamento de Geomorfología de PRONAREG, Quito; interpretación y restitución de zonas de humedad HUTTEL Ch., de la TORRE P. & WINCKELLA; Trabajos de campo HUTTEL Ch. & de la TORRE P.

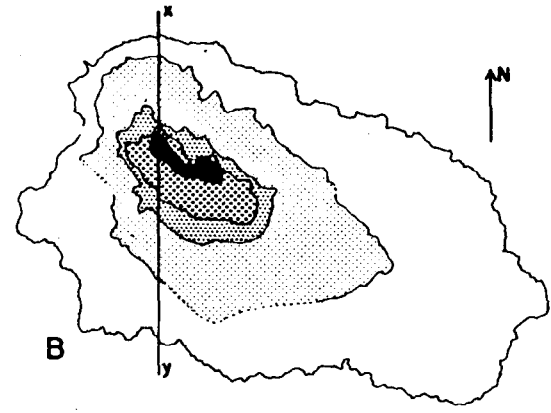
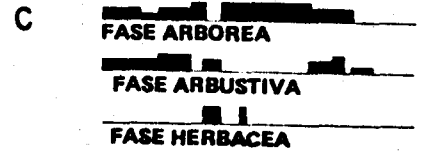
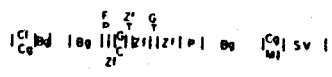
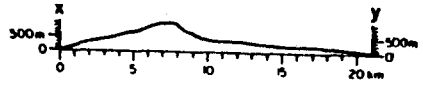
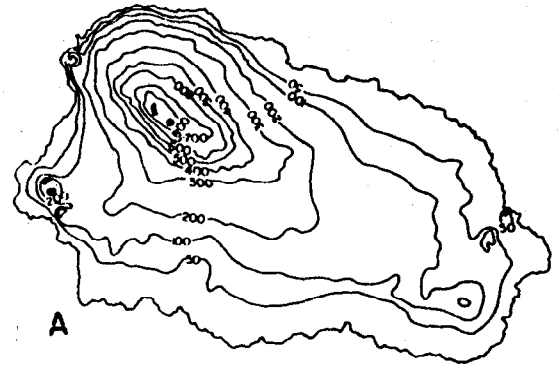
supérieure de la zone humide. La transition vers la zone très humide est marquée par la disparition de *Pisonia* et l'apparition de *Solanum erianthum*. Elle est aussi soulignée par la présence de taches de prairies à lycopodes et grandes fougères et cypéracées qui constituent l'essentiel de la végétation que nous avons vue en zone très humide. La partie haute du versant nord n'a pas été reconnue mais semble avoir une végétation plus claire que la partie équivalente du versant sud. La partie moyenne correspond à la zone très sèche avec une forêt dense de *Bursera* et la partie basse à des terrains volcaniques très récents où la couverture végétale n'est pas appréciable.

L'île Santiago, bien que plus grande, présente beaucoup de traits communs avec Pinta. La partie est de l'île a un relief quasi-symétrique et les sommets dépassent 900 m d'altitude (carte 3a). Cette région est aussi celle des terrains les plus anciens et avec la végétation la plus abondante.

Les zones d'humidité sont concentriques et décalées vers le sud et la zone très humide est bien développée (carte 3b).

La végétation (figure 3c) de la zone aride est peu dense, arbustive ou arborée. Les espèces plus marquantes sont *Cordia lutea* et *Bursera graveolens* parmi les arbres et *Castela galapageia* parmi les arbustes. Sur des substrats plus jeunes on rencontre souvent *Scalesia atractyloides* et *Mollugo snodgrassii*. La zone très sèche est couverte en grande partie par une forêt claire ou dense de *Bursera* ; les espèces arbustives de cette zone sont *Croton scouleri* et *Psychotria rufipes*. La transition vers la zone humide est marquée par l'apparition et l'augmentation de la densité de *Pisonia floribunda*. La zone sèche est dominée par *Psidium galapageium* parfois associé à *Pisonia*. Le sous-bois de ces forêts est un peuplement dense de *Psychotria rufipes*. Dans la zone humide les forêts sont composées essentiellement de *Zanthoxylum fagara* avec quelques pieds d'un *Cordia cf. andersonii* et de *Acnistus ellipticus*. Le sous-bois est moins dense et formé de *Tournefortia rufo-sericea*. Dans cette zone apparaissent des prairies largement dominées par *Paspalum conjugatum*. La zone très humide est recouverte d'un mélange de prairies et de fourrés. L'arbuste dominant et exclusif sur des superficies appréciables est *Tournefortia rufo-sericea*. Ses rameaux portent d'épais manchons de mousses dans lesquels s'enracinent de nombreux épiphytes, *Epidendrum spicatum*, *Lycopodium passerinoïdes*, divers *Peperomia* et de nombreuses fougères. Des gouttes d'eau condensées à partir du brouillard sur ces branches et ces épiphytes alimentent des mares temporaires au pied des *Tournefortia*. Les prairies contiennent encore *Paspalum conjugatum* mais aussi des densités élevées de cypéracées, *Cyperus* et *Eleocharis*, et un grand nombre d'autres espèces herbacées des genres : *Ageratum*, *Apium*, *Jaegeria*, *Oxalis*, *Plantago*, *Spilanthes*, etc. Sur les pentes les plus fortes subsistent des peuplements de *Cyathea weatherbyana*. Dans les zones humide et très humide abondent les animaux introduits, chèvres, cochons et ânes et la végétation est modelée par leur action : sol remué et laissé sans végétation par les cochons, sous-bois de *Psychotria rufipes* défeuillé jusqu'à une hauteur de 1 m par les chèvres, absence de régénération d'espèces ligneuses dans les prairies et même dans les fourrés, extension actuelle des prairies probablement due au bétail introduit.

Figura 3
ISLA SANTIAGO



a) Topografía, equidistancia de las curvas de nivel 100 m, la curva intercalaria de 50 m. está representada; b) Zonas de humedad; c) Transect X-Y, de lo alto hacia lo bajo, corte topográfico, zonas de humedad, plantas dominantes, densidad de los estratos de vegetación según las fotografías aéreas de nula a cerrada (altura del figura-do proporcional en una escala de 0 a 3).
Plantas dominantes: Bg *Bursera graveolens*, Cg *Castela galapageia*, Ci *Cordia lutea*, C *Ciperáceas*, MI *Macraea laricifolia*, P *Paspalum conjugatum*, F *Pisonia Floribunda*, G *Psidium galapageium*, SV sin vegetación, T *Tournefortia rufo-sericea*, Zf *Zanthoxylum fagara*.

64

Cette rapide description des grands types de végétation est incomplète pour ne pas traiter des formations pionnières sur les différents substrats, roches et lapilli, dans les différentes zones d'humidité et sur des substrats d'âges différents ; la description de ces formations végétales n'a pas été abordée dans le présent travail et mettrait en évidence bien plus des variations de structure des formations que des différences fondamentales de composition floristique. Manquent également les formations anthropiques formées de plantes introduites par l'homme et ayant échappé à son contrôle.

V. RÉSUMÉ - CONCLUSION

L'utilisation de toute l'imagerie disponible complétée par les observations de terrain a permis d'établir pour l'ensemble des îles de l'archipel des Galapagos une cartographie de zones d'humidité ; ces zones sont caractérisées par des valeurs des données climatiques dont la plus importante est la durée de la saison sèche. On a établi une relation entre ces zones d'humidité et les formations végétales tant selon leur composition floristique comme par leurs caractéristiques structurales.

BIBLIOGRAPHIE

- BLACK (J.), 1973. Galápagos Archipelago del Ecuador. 138 pp, Quito Imprenta Europa.
- COLLIN DELAUAUD (A.) *et al.*, 1982. Atlas del Ecuador, 80 pp. *Jeune Afrique* ed. Paris.
- HAMANN (O.), 1981. Plant Communities of the Galapagos Islands. *Dansk Bot. Arch.* 34 (2), 163 pp.
- PALMER (C.E.) et PYLE (R.L.), 1982. El ambiente climático de las Islas Galápagos. In « Compendio de ciencia en Galapagos » Estación Científica Charles Darwin, p. 17-25.
- PRONAREG, 1978 : Ecuador. Mapa bioclimático 1/1 000 000.
- PRONAREG - ORSTOM, 1983 : Machala. Mapa de aptitudes agrícolas 1/200 000.
- PRONAREG - ORSTOM, 1985 : Informe sobre las zonas agrícolas de las Islas Galápagos, 61 pp. mecanogr. PRONAREG Quito.
- REEDER (W.G.) et RIECHERT (S.E.), 1975. Vegetation change along an altitudinal gradient, Santa Cruz Island Galapagos. *Biotropica* 7 : 162-175.
- SCHOFIELD (E.K.), 1970. Field guide to some comon Galapagos plants. Ohio State University.
- STEWART (A.), 1915. Some observations concerning the botanical conditions on the Galapagos islands. *Trans. Wisconsin Acad. Sci.* 18 : 272-340.
- WIGGINS (I.L.) ET PORTER (D.M.), 1971. *Flora of the Galapagos Islands*, Stanford University Press, Stanford California.
- WIRTKI (K.), 1982. El Niño - La reacción dinámica del Océano Pacífico ecuatorial al forzamiento atmosférico. In « Compendio de ciencia en Galápagos » Estación Científica Charles Darwin, pp. 41-55.