

# Aspectes espacials de l'estudi econòmic de l'ús de la terra

Dra. Nancy E. Bockstael

Catedràtica emèrita del *Department of Agricultural and Resource Economics*,  
Universitat de Maryland, College Park, EUA

Membre numerària de l'*Association of Environmental and Resource Economists*

Membre numerària de l'*American Agricultural Economics Association*

## Introducció

Fa gairebé vint anys, quan estava immersa en una trajectòria professional centrada en la microeconomia aplicada, em van convidar a participar, per primera vegada, en un projecte interdisciplinari. L'objectiu del projecte era explicar el procés econòmic de canvi d'ús de la terra i relacionar-lo amb els canvis dels processos ecològics i les seves conseqüències. A més a més, havíem d'utilitzar els nostres resultats per predir canvis futurs en la urbanització del sòl i en els sistemes ecològics sota diferents polítiques d'ús de la terra.

El projecte venia motivat per la constatació, cada vegada més evident, que els canvis antropogènics en el paisatge, sobretot en forma d'urbanització, tenien un impacte enorme en el medi ambient. De fet, el canvi en l'ús de la terra, a una escala o altra, és probablement el factor que més afecta per si sol els recursos naturals.

Quan vam iniciar el projecte i en vam discutir l'estructura, tot d'una van començar a sorgir problemes. Els economistes i els ecòlegs vèiem les coses de manera diferent. Volíem plantejar diverses qüestions i posar a prova distintes hipòtesis. Això és comprensible: les nostres aproximacions difereixen per motius justificats, ja que els mecanismes que s'estudien són diferents. Però vam descobrir que els nostres respectius punts de vista disciplinaris ens feien veure el món en escales de temps i espai molt diferents i ens duïen a utilitzar mesuraments també molt diferents. Però així i tot, els nostres models s'havien de poder comunicar entre si. Com que els models ecològics estaven condicionats per l'estat de l'ús de la terra, els models econòmics havien d'explicar i predir la urbanització del sòl de manera que es poguessin utilitzar com a input en els models ecològics.

A l'inici del projecte, els ecòlegs van informar els economistes que l'àrea d'estudi seria una conca d'uns 2.500 km<sup>2</sup> que abasta 7 comtats de l'Estat de Maryland, a la costa est dels EUA. Les unitats d'observació serien cel·les de 200 m x 200 m. Els ecòlegs elaborarien models de la hidrologia, la productivitat de les plantes i el reciclatge dels nutrients dins i entre aquestes

cel·les, supeditats a l'ús de la terra que s'hi feia, i la nostra tasca seria explicar l'ús actual de la terra i predir-ne el futur sota diferents règims normatius, amb aquest nivell de resolució, per als pròxims 50 anys. A mi, pretendre analitzar el canvi de l'ús de la terra a una escala tan detallada per a unitats de paisatge definides de manera tan arbitrària, i predir-lo per a un horitzó de temps tan llarg, em va semblar del tot forassenyat.

I encara em sembla forassenyat en molts sentits, però amb el temps he arribat a entendre per què l'anàlisi econòmica tradicional, no espacial i agregada, no és suficient per als científics ambientals. La variabilitat del paisatge –allò que en la literatura s'anomena normalment «heterogeneïtat» espacial– és un factor clau dels sistemes ecològics. La unitat lògica de l'organització dels sistemes terrestres és, sovint, una «clapa», un conjunt de formes irregulars de cel·les de paisatge relativament homogènies. La mida, les formes, la longitud dels límits i la connectivitat d'aquestes clapes, de composició diversa, són crucials per als hàbitats de les espècies, la disponibilitat de recursos, la competència entre espècies i la seva supervivència.

El patró espacial del paisatge és el concepte clau. Entendre els patrons, les seves conseqüències per a la població i la dinàmica de l'ecosistema, com també els processos que modifiquen els patrons, són qüestions clau per entendre la successió, la dispersió i la persistència de les espècies. Atès que la variabilitat de l'entorn és essencial per a la convivència de les espècies, la destrucció de clapes singulars o la seva fragmentació és una de les causes principals de la pèrdua de biodiversitat.

El concepte de patró pot ser esquiú. A una fotografia de baixa resolució, el paisatge pot semblar força homogeni, però a una de resolució més alta pot aparèixer com a molt divers. És per això que el concepte d'escala esdevé de màxima importància. L'escala es defineix, en el món ecològic, tant en termes de resolució com d'extensió. La resolució és la mida de la unitat d'observació, que ha de ser prou petita perquè s'hi puguin observar els patrons. L'extensió de la superfície d'estudi ha de ser prou gran per captar-hi interaccions significatives entre aquestes unitats d'observació i n'ha de contenir prou perquè puguin oferir un suport estadísticament acceptable a les troballes.

En aquell primer estudi, semblava que els ecòlegs i els economistes discrepéssim en gairebé tot. Els ecòlegs volien o, més encara, necessitaven ser extremadament explícits pel que fa a la localització espacial a una escala que pogués encabir els conceptes de l'ecologia del paisatge. I volien que l'extensió espacial correspongués a un ecosistema. Als economistes, per raons prou comprensibles, això no ens convenia gens. Què tenia a veure una conca fluvial amb un mercat territorial? I què tenien a veure unes cel·les de 200 metres quadrats amb la presa de decisions

dels humans? Una possibilitat era intentar trobar maneres que permetessin traduir els termes entre les diferents escales d'interès. El que era més preocupant, però, era la manca d'experiència, en el camp de l'economia, de tenir en consideració l'espai.

Al començament dels anys noranta, el model predominant del canvi d'ús de la terra en economia contemplava l'espai com un simple concepte abstracte. Es podien trobar pocs treballs empírics que tinguessin explícitament en compte l'espai. En els models teòrics d'urbanització de la terra, l'espai es descrivia gairebé exclusivament com un pla sense atributs, en el qual la distància fins al centre de la ciutat més propera determinava el cost dels desplaçaments, el qual, juntament amb els canvis de població, determinava al seu torn els preus de l'habitatge i la terra. Era evident que aquest model quedaria molt lluny de produir resultats útils per als ecòlegs.

Durant la darrera dècada, els nombrosos economistes que han participat en projectes interdisciplinaris similars han après la importància que té l'espai per als científics ambientals. Entretant, s'han adonat que l'espai també és important en economia. Si bé els mecanismes que hi ha darrere els processos espacials en economia i en ecologia poden ser força diferents, hi ha paral·lelismes sorprenents. Molts dels mateixos conceptes espacials –com ara l'heterogeneïtat i els patrons espacials, la interacció espacial, la difusió i l'escala– resulten rellevants tant per a l'anàlisi ecològica com per a l'econòmica. I enlloc això no és més cert que en l'estudi del canvi de l'ús de la terra. En el que resta d'aquesta ponència, miraré d'il·lustrar per què és important l'espai en l'estudi econòmic de l'ús de la terra.

## **Per què és important l'espai en economia?**

### ***Heterogeneïtat espacial***

El patró espacial de l'ús de la terra té conseqüències directes per als humans. Les diferents ordenacions del paisatge construït afecten la congestió, els elements estètics i les possibilitats de lleure. També afecten els costos per càpita de construir carreteres, escoles, tractament d'aigües residuals, cossos de policia i de bombers, que són més grans per a les poblacions extremadament fragmentades i disperses.

Als Estats Units hi ha un gran debat entorn d'un cert patró espacial d'ús de la terra, conegut popularment com a «*urban sprawl*», o «creixement en taca d'oli». Aquesta «taca d'oli» es defineix normalment com l'expansió d'urbanitzacions residencials cap a terres agrícoles o verges en un patró no contigu, dispers, d'urbanització de baixa densitat. Des de la perspectiva

de les polítiques ambientals, socials i públiques, aquest patró es considera generalment indesitjable, atès que es perd l'agricultura local, la vegetació natural es converteix en paisatge residencial, es perden hàbitats o es fragmenten, i la població queda molt dispersa. Però alguns economistes han argüït que això no és més que l'acció del mercat, que reflecteix allò que volen els individus de la societat, i alguns qüestionen que aquesta «taca d'oli» sigui realment tan problemàtica com es creu popularment.

L'estudi científic del creixement en taca d'oli s'ha vist dificultat per la manca de dades a una escala adequada. La taca d'oli és un patró espacial situat a la frontera urbana-rural, on no es disposa de dades sobre habitatge o són tan agregades que desdibuixen el patró. Fins fa poc temps, només existien dades a un nivell alt de resolució per a petites extensions, la qual cosa exclouïa la possibilitat d'obtenir resultats generalitzables. Per això ha estat impossible detectar fins a quin punt ha progressat la taca al llarg del temps i l'espai, si no és a través d'una observació asistemàtica i localitzada.

Recentment s'ha publicat un treball d'economia en el qual els autors demostren que el creixement en taca d'oli no és un problema greu i que el seu abast no ha canviat des de començament de la dècada de 1970. Els autors veuen la taca d'oli com un estat transitori, que apareix com a urbanització dispersa a la perifèria de les ciutats, però que amb el temps es va compactant, a mesura que els límits de la ciutat s'expandeixen cap a fora. Els autors fan servir imatges de satèl·lit perquè són les úniques disponibles per a tots els Estats Units i perquè sembla que ofereixen informació molt detallada sobre l'habitatge. Però les imatges de satèl·lit, per la forma amb què es munten, no arriben a captar la major part de la urbanització no contigua, de baixa densitat, que és per definició la naturalesa de la taca d'oli, i precisament el fenomen que els autors afirmen que estudien. Però, fins i tot si les dades haguessin tingut l'escala adequada, les mides espacials del patró que van decidir utilitzar requereien en gran manera sobre àrees ja urbanes, nascudes a costa de la zona de taca d'oli. A partir de fonts alternatives de dades de l'Estat de Maryland, un col·lega meu i jo vam poder observar urbanitzacions de baixa densitat, fragmentades, i mesurar patrons espacials canviants a partir de mides espacials manlevades de la literatura ecològica. Els resultats d'aquesta anàlisi coincidien amb la idea popular que les taques d'oli són, efectivament, un fenomen en creixement i que el paisatge s'està omplint de clapes urbanitzades complexes i cada vegada més fragmentades.

El fenomen de la taca d'oli és un bon exemple d'un problema d'economia en què l'heterogeneïtat espacial té un paper protagonista. Així mateix, és un bon exemple de la

manera com es pot arribar a entendre que l'important procés de la taca d'oli implica, en primer lloc, obtenir les dades adequades i, després, definir unes dimensions del patró que cospin el concepte adient. La manca de tradició a l'hora de pensar en termes d'espai fa que els economistes, a diferència dels ecòlegs, no sempre reconeguem els reptes de pensar-hi.

### ***Interaccions espacials***

Definir les mesures quantitatives del patró és necessari per estudiar qualsevol problema relacionat amb l'espai, però és rarament un objectiu en si mateix. Simon Levin, un destacat ecòleg matemàtic, ha dit que entendre els patrons en termes dels processos que els originen és l'essència de la ciència. Si hi ha patrons observables en els sistemes, deu ser perquè han aparegut a partir de respostes individuals. Entendre aquestes respostes també constitueix l'essència de l'economia.

Un procés econòmic que ha rebut molta atenció en economia ambiental és l'«externalitat ambiental». La contaminació és un bon exemple d'externalitat. Tot sovint és un subproducte d'algun procés de producció que provoca perjudicis a tercers però que no es reflecteix com un cost per a l'empresa productora. Per un motiu o altre, el mercat funciona d'una manera que no internalitza aquests costos. Sovint s'imposen normatives que o bé controlen directament la quantitat de contaminació permesa o bé ofereixen incentius financers per reduir o evitar les emissions. Algunes externalitats són de caràcter localitzat. Una granja convencional pot generar externalitats negatives que afectin l'agricultor ecològic del costat perquè mata insectes beneficiosos amb l'ús de pesticides. O poden tenir un abast geogràfic més extens. Per exemple, les emissions industrials es poden escampar fins a desenes o centenars de quilòmetres de la font contaminant.

Les externalitats ambientals són exemples d'una classe de problemes que s'anomenen interaccions espacials. Si bé el «concepte» d'interaccions espacials, i especialment les externalitats espacials, ocupen un lloc important en l'economia ambiental, les proves empíriques són escasses. Com que les externalitats estan gairebé sempre relacionades amb la localització espacial, les proves empíriques adequades per a aquestes externalitats exigeixen dades espacials a una escala de què rares vegades es pot disposar. Malauradament, la manca de dades apropiades no sempre es reconeix com un obstacle per a una bona recerca.

Una segona il·lustració del que pot sortir malament si no es tenen en compte dades a una escala espacial adequada es pot trobar en un treball de publicació recent sobre un cert tipus d'interacció espacial. En aquest treball, els autors examinen si la neteja d'abocadors de residus perillosos als Estats Units ha conduït a un augment dels valors de la propietat per als residents de la zona. No van trobar evidències d'un augment dels valors residencials i van concloure que la depuració generava poc o cap valor.

Per posar a prova la hipòtesi que les depuracions de residus perillosos tenen un efecte positiu sobre la propietat immobiliària circumdant, cal alguna informació prèvia sobre l'abast espacial de l'externalitat negativa de l'abocador de residus. En el treball, s'havia dedicat poca atenció a l'abast espacial. Es van obtenir els preus mitjans dels habitatges abans i després de la neteja per a zones agregades anomenades «unitats cadastrals» (*census tracts*) en les quals es trobaven abocadors de residus tòxics. Els autors van deixar de banda el fet que aquests abocadors es troben tot sovint en zones molt industrialitzades o en zones rurals. A les primeres, és probable que hi hagi menys cases dins la mateixa unitat cadastral on es troba l'abocador perquè la unitat és petita i molt industrialitzada. En el cas de les segones, la mida de la unitat cadastral serà tan gran que l'abast espacial de l'externalitat serà petit en comparació amb la mida de la unitat d'observació, de manera que el preu mitjà de les cases a nivell cadastral no podrà oferir cap senyal fiable sobre el valor de la depuració. Aquest treball és representatiu d'una casta de literatura econòmica que sorgeix d'una tradició de recerca fonamentalment no espacial i que dedica, doncs, poca atenció al concepte d'escala espacial adient.

### ***Endogeneïtat***

Aquest treball pateix encara un altre problema: no reconeix la dificultat que representa l'endogeneïtat que impregna gran part de la recerca sobre els efectes de les actuacions governamentals. En l'exemple dels residus tòxics, la disposició espacial dels habitatges en relació amb l'abocador contaminant no és casual. Els municipis sovint situen els usos indesitjables de la terra al llarg de les seves fronteres, de manera que els efectes negatius recauen sobre els residents d'altres municipis. De fet, vam constatar que la majoria dels complexos residencials prop d'abocadors de residus tòxics de l'Estat de Maryland estaven situats just a l'altre costat d'una frontera municipal. En aquests casos, les propietats que estaven molt a prop de l'abocador estaven situades en una altra unitat cadastral, i els autors

no les van considerar en cap moment com a relacionades amb l'abocador, fins i tot quan les zones residencials pràcticament limitaven amb l'abocador tòxic. Aquí hi ha una falta de concordança entre les fronteres de la unitat observacional espacialment agregada –el terme municipal– i l'extensió espacial de l'externalitat que s'està estudiant, provocada per un comportament econòmic i polític subjacent i no reconegut.

Els errors d'aquesta manca de reconeixement que les actuacions dels municipis no es poden tractar com a experiments aleatoris eren habituals en els inicis de la literatura econòmica sobre l'ús de la terra. Als economistes que volien mesurar l'eficàcia de diferents enfocaments normatius, els semblava que això donava com a resultat un «experiment natural». Com que els termes municipals són nombrosos i les seves normatives varien en tipus i en intensitat, les conseqüències per al paisatge es podien comparar mitjançant un estudi transversal d'aquesta varietat de circumstàncies.

Les anàlisis estadístiques dutes a terme per aquests economistes es limitaven a intentar relacionar la quantitat de nova urbanització, o els canvis en els preus de l'habitatge, amb índexs de rigor normatiu. Deixaven de banda el fet que les normatives sobre l'ús de la terra tot sovint s'adopten quan les localitats s'adonen que hi ha un creixement desenfrenat que es menja tot l'espai obert, que imposa un sobreesforç a les infraestructures existents i que fa que la despesa pública augmenti més ràpidament que els ingressos tributaris. Així doncs, quan examinem les diverses experiències dels governs municipals, seria d'esperar que la forma i la intensitat de la política adoptada corresponguessin a la gravetat del problema subjacent d'ús de la terra. Les localitats que apliquen alguna mena de normativa seran fonamentalment diferents d'aquelles que no n'apliquen cap, i les diferències en la quantitat de nova urbanització entre municipis diferents seran degudes tant a les diferències en les pressions subjacents de creixement com al rigor normatiu. Les nombroses anàlisis publicades que no han corregit aquest problema inherent d'«endogeneïtat» han produït conclusions esbiaixades que sovint són qualitativament errònies.

## **Noves aproximacions en la recerca de l'ús de la terra**

He esmentat diversos tipus d'errors que els economistes han comès a l'hora d'analitzar les qüestions de l'ús de la terra, errors que provenen de l'herència fonamentalment no espacial de l'economia. Aquests errors són cada vegada menys freqüents en la literatura econòmica, a mesura que reconeixem la necessitat de comptar amb millors dades i aproximacions

estadístiques. Per exemple, l'ús de mètodes estadístics apropiats ha anat guanyant adeptes en la literatura sobre avaluació de polítiques en general, i en la literatura sobre normatives de l'ús de la terra en particular, perquè reconeix que l'adopció de polítiques tot sovint es descriu com un problema de «tractament» no aleatori. Aquesta aproximació depèn en gran manera de poder mesurar tot allò que es pugui sobre el paisatge, tot fent de les dades específicament geogràfiques una necessitat.

Els economistes ambientals també han anat desenvolupant mètodes empírics d'interaccions espacials. La intenció d'aquests models és posar a prova la intensitat i l'abast dels efectes espacials limítrofes. En concret, les noves aproximacions reconeixen que moltes vegades és difícil analitzar les interaccions si també hi ha una correlació espacial entre els factors subjacents. Com que és probable que les parcel·les veïnes comparteixin característiques comunes com ara la topologia, el tipus de sòl, l'accessibilitat vial, etc., les decisions respecte del seu ús poden estar correlacionades fins i tot quan no hi ha una interacció directa entre les decisions. Destriar els veritables efectes espacials d'altres efectes derivats dels trets paisatgístics espacialment correlacionats ha estat l'aspecte central de molts treballs. Això és especialment important en la recerca que estudia el paper de la terra d'espai obert, no urbanitzat, per al paisatge. Moltes polítiques públiques dels EUA intenten preservar aquesta terra d'espai obert a través d'adquisicions. Els investigadors han estudiat l'efecte que aquesta pràctica de reservar terra d'espai obert pot tenir sobre la probabilitat que la terra dels voltants sigui encara més propensa a ser urbanitzada, perquè l'espai obert és considerat pels residents un veí molt desitjable. De fet, l'atractiu d'urbanitzar al llarg de les vores dels espais oberts preservats pot ser un factor que estigui contribuint al creixement en taca d'oli.

A l'anàlisi final, però, el principal motiu perquè els economistes ambientals tinguin en compte l'espai és el fet que sigui tan important per als científics ambientals. El canvi en l'ús de la terra s'està reconeixent com un motor fonamental del canvi ambiental, però fins fa poc temps els economistes havien mostrat poc interès a abordar aquesta qüestió d'una manera que contribuís a les anàlisis dels científics. I és per això que els científics ambientals, amb escassa, o cap, aportació dels economistes, han intentat omplir aquest buit pel seu compte. Una aproximació habitual és fer una estimació de les probabilitats de reclassificació de l'ús de la terra a partir de reclassificacions anteriors, o bé expressar-les com a funcions simples de dades socioeconòmiques. Una altra aproximació deixa completament de banda els factors subjacents i simplement intenta projectar cap a paisatges futurs els canvis del passat en els patrons d'urbanització. Aquestes aproximacions no tenen en compte les paraules de Levin: que el



patró espacial sorgeix a causa de processos subjacents, i són aquests processos econòmics que cal que entenguem quan estudiem la urbanització.

Sense una comprensió del comportament econòmic, el paper dels mercats i la influència reguladora de les normatives, els models científics del canvi antropogènic en l'ús de la terra cometem errors encara més greus que els que hem comès els economistes. No arriben a copsar de quina manera el comportament econòmic s'ajusta segons les condicions del mercat, ni la influència mútua que es dona entre les diverses decisions i els senyals del mercat. A més a més, normalment es basen en la creença habitual, però errònia, que el sector públic pot gestionar íntegrament el paisatge a través de normatives. No detecten les respostes de comportament que susciten els instruments d'aplicació de les polítiques.

Potser la nova línia de recerca més engrescadora en l'economia de l'ús de la terra que tenim avui és el treball que intenta corregir aquests errors i col·laborar amb els científics ambientals. Després de moltes i vacil·lants primeres passes, la recerca interdisciplinària sobre l'ús de la terra és ara un camp d'investigació molt actiu, que rep considerables ajuts oficials. Abans d'acabar, utilitzaré com a exemple final el darrer treball interdisciplinari en què vaig participar durant la meua carrera professional, com a il·lustració del tipus de treball que s'està duent a terme avui dia.

Com que es va constatar que la urbanització tenia un impacte enorme sobre la forma i la funció dels sistemes aquàtics, l'Agència per a la Protecció Ambiental dels EUA va reunir un grup d'ecòlegs, hidròlegs, geomorfòlegs i economistes per estudiar la relació entre l'ús de la terra i l'estructura i la funció dels ecosistemes fluvials d'una conca en procés d'urbanització, un cop més a l'Estat de Maryland. Ens interessava esbrinar de quina manera la història del procés d'urbanització en aquesta conca havia portat a l'estat actual de l'ecosistema, i com es veien afectades l'estructura i la funció en determinats indrets de la conca pels canvis en l'ús de la terra riu amunt al llarg del temps. Era un estudi que pretenia incorporar dinàmiques espacials i temporals alhora i analitzar no sols els efectes recíprocs entre la hidrologia, la geologia i la biologia, sinó també entre aquests components biofísics i els humans.

Els economistes ens volíem concentrar a explicar les decisions sobre el canvi de l'ús de la terra, i a una escala espacial tan detallada com fos possible. Això implicava estudiar el comportament dels propietaris de les parcel·les de terra, la mínima unitat d'anàlisi possible en el sistema econòmic. Fèiem preguntes com ara: Quin benefici pot donar una determinada parcel·la en cadascun dels seus diversos usos i quines característiques de la parcel·la afecten el rendiment econòmic i els costos en cadascun d'aquests usos? Quin efecte tenen les interaccions espacials

amb els usos de la terra circumdants sobre els beneficis, i com afecten els beneficis relatius la probabilitat d'urbanització? Quin és el temps òptim d'urbanització per a qualsevol parcel·la? Quines obligacions imposen les normatives oficials als propietaris de la terra i quines conseqüències imprevistes podrien sorgir d'aquestes normatives? Les proves estadístiques de les hipòtesis sobre aquesta mena de qüestions han proporcionat, amb el temps, molta informació nova sobre la urbanització. Això ens va permetre fer prediccions sobre el canvi futur de l'ús de la terra a una escala espacial útil per als ecòlegs.

Al mateix temps, els ecòlegs s'afanyaven a reunir més proves dels efectes directes i negatius de la urbanització sobre l'estructura i la funció fluvials. En el nostre estudi, la urbanització de la terra afectava clarament la productivitat i la diversitat de les espècies en els rius locals. El que no vam trobar, però, eren formes clares amb què aquestes conseqüències ecològiques afectessin la presa de decisions humanes a través d'algun mecanisme d'intercanvi d'informació immediat i localitzat. Amb això no volem negar la contribució que fan els rius i rierols al control de les inundacions, la formació del sòl, el reciclatge de nutrients, etc., sinó tan sols apuntar que aquestes conseqüències no es tenen en compte explícitament en els processos de decisió dels residents o de les empreses. De fet, la manera més clara com els humans senten els efectes de la pèrdua ecològica en aquests casos és sovint a través del sector públic. Quan no hi ha una percepció directa dels efectes, les polítiques públiques sovint els fan sentir d'una manera artificial a través de les normatives. Les actuacions reguladores, però, solen arribar amb un retard temporal i no sempre són a temps d'evitar pèrdues ecològiques greus. Tenint això en compte, la tasca principal del projecte era formular prediccions per a les dècades futures, que depenguessin de diferents escenaris de comportament en el canvi de l'ús de la terra, a partir de diverses visions possibles de normatives oficials futures. En concret, vam explorar l'efectivitat de noves polítiques de control del creixement destinades a reorientar el patró espacial dels nous processos d'urbanització.

M'agradaria afegir que sí que hi ha casos en què les conseqüències ecològiques de la urbanització generen una informació clara i directa per als sistemes econòmics a escales temporals que són significatives des d'un punt de vista regulador. Això, la major part de les vegades, es dona en paisatges de gran atractiu on la bellesa natural o la qualitat de l'aigua són de gran rellevància. En alguns llocs, com ara a Mallorca, la bellesa del paisatge i la gran oferta de serveis de lleure a les costes són trets paisatgístics molt preuats i que ofereixen una connexió directa entre l'economia local i la salut ecològica primordial de la zona. L'atractiu natural hi fa acudir turistes i nous residents, la qual cosa porta a un augment d'urbanització. A la llarga, aquesta urbanització afegida pot degradar la qualitat de l'aigua i augmentar la

congestió, i provocar una pèrdua de qualitat de vida per a la població local i minvar els beneficis del sector turístic. No obstant això, fins i tot en aquest cas, no hi ha cap incentiu perquè els residents o les empreses canviïn d'hàbits, perquè allò que provoca les conseqüències ecològiques és la suma total de les accions. Tot i que els efectes sobre l'economia a llarg termini són molt més fàcils de veure en aquest cas, un cop més el que cal són accions reguladores que tinguin en compte la influència mútua entre els sistemes ecològic i econòmic.

## **Conclusions**

Els economistes ambientals hem après, al llarg de les darreres dècades, que l'anàlisi no espacial no resulta especialment útil per explicar els canvis del paisatge ni predir-ne el futur. També hem après, i de forma gens prematura, que si no fem un canvi d'aproximació, perdrem el nostre nínxol en el treball interdisciplinari. La literatura sobre el canvi en l'ús de la terra està farcida de treballs de no economistes que intenten esmenar l'absència de la dimensió humana. Comprensiblement, aquests treballs no reflecteixen el coneixement dels processos econòmics subjacents.

La darrera dècada ha estat molt activa en aquest camp. Durant la pròxima, veurem solucions a molts dels difícils problemes metodològics que suscita el comportament espacial dinàmic. Això comptarà amb l'ajuda d'una explosió de dades espacials que serà possible gràcies a les noves tecnologies generadores d'informació. També assistirem a una major interacció entre els diferents camps de treball a mesura que professionals joves, exposats a un menor nombre de biaixos inherents a les seves disciplines, vagin apareixent en el panorama de la recerca.

# Spatial Issues in the Economic Study of Land Use

Dr. Nancy E. Bockstael

Professor Emeritus, Department of Agricultural and Resource Economics,  
University of Maryland, College Park, MD, USA

Fellow, Association of Environmental and Resource Economists

Fellow, American Agricultural Economics Association

## Introduction

Almost 20 years ago, in the midst of a career focused on applied micro-economics, I was drafted into my first interdisciplinary research project. The goal of the project was to explain the economic process of land use change and link this to changes in ecological processes and outcomes. An additional task involved using our results to predict future changes in both land development and ecological systems under alternative land use policies.

The project was motivated by the growing realization that human induced landscape change, especially in the form of urban development, impacts the environment enormously. In fact, land use change at one scale or another is probably the single greatest factor affecting ecological resources.

As we began the project and attempted to outline its structure, problems immediately arose. The economists and ecologists saw things in different ways. We wanted to ask different questions and test different hypotheses. This is understandable; our approaches differ for good reasons because different mechanisms are being studied. But we found that our respective disciplinary views caused us to see the world at very different time and space scales and to use very different measurements. Yet our models needed to communicate. Because the ecological models were conditioned on land use state, the economic models needed to explain and predict land development in ways that could be used as input to the ecological models.

At the start of the project, the economists were informed by the ecologists that the extent of the study area would be a particular watershed of about 2500 km<sup>2</sup> spanning 7 counties in our east coast state of Maryland. The unit of observation would be 200m x 200m cells in that landscape. The ecologists would model hydrology, plant productivity, and nutrient cycling within and among these cells, conditional on their land use, and our job would be to explain existing land use and predict its future under different regulatory regimes - at this level of

resolution for the next 50 years. Analyzing land use change at such a fine scale for such arbitrarily defined landscape units and predicting it for such a long time horizon seemed absolutely crazy to me.

It still seems crazy in many respects but over time I have come to understand why traditional aggregate, non-spatial economic analysis is not sufficient for environmental scientists. The variability in the landscape – what is commonly called in the literature spatial heterogeneity - is a central factor in ecological systems. The logical unit of organization for terrestrial systems, for example, is often the ‘patch’ – an irregularly-shaped collection of relatively homogeneous landscape cells. The size, shapes, edge length and connectivity of these compositionally diverse patches are critical to species habitat, resource availability, species competition, and species survival.

Spatial pattern in the landscape is the key concept. Understanding pattern, its consequences for population and ecosystem dynamics, and the processes that change pattern are all central to understanding succession, dispersal and persistence of species. Because variability in the environment is essential for the coexistence of species, the destruction of unique patches or their fragmentation is a leading cause of biodiversity loss.

Pattern can be an elusive concept. A picture of a landscape at low resolution may look quite homogeneous, but at higher resolutions it may appear diverse. Thus the concept of scale becomes of primary importance. Scale is defined in the ecological world as both resolution and extent. The resolution is the size of the observational unit which must be small enough so that pattern can be observed. The extent of the study area must be large enough to capture meaningful interactions among these observational units and to cover enough observational units so as to provide statistically acceptable support for findings.

In that early study, the ecologists and economists seemed to disagree on almost everything. The ecologists wanted, indeed needed, to be extremely explicit about spatial location at a scale that would accommodate landscape ecology concepts. And they wanted the spatial extent to conform to an ecosystem. The economists, understandably, were not too happy about this. What did a watershed have to do with a land market? And what did 200 meter square cells have to do human decision making? One could contemplate finding ways to translate between scales of interest. What was more disturbing was the absence in economics of much experience in considering space at all.

In the early 1990's the predominant model of land use change in economics was one in which space entered as a simple abstract concept. Little empirical work could be found that took space explicitly into account. In the theoretical models of land development, space was described almost exclusively as a featureless plain in which the distance to city center determined commuting costs which, together with population changes, drove housing and land prices. This model was clearly going to fall far short in producing results useful to ecologists.

In the past decade the many economists who have participated in similar interdisciplinary projects have learned the importance of space to environment scientists. In the process they have realized that space matters in important ways in economics as well. Although the mechanisms behind the spatial processes in economics and ecology can be quite different, there are surprising parallels. Many of the same spatial concepts – such as spatial heterogeneity and pattern, spatial interaction, diffusion, and scale – turn out to be relevant in both ecological and economic analysis. And nowhere is this more true than in the study of land use change. In what remains of this talk, I'll try to illustrate why space matters in the economics of land use.

## **Why is Space Important in Economics?**

### ***Spatial Heterogeneity***

The spatial pattern of land use has consequences for humans directly. Different arrangements of the built landscape affect congestion, aesthetic amenities and recreational opportunities. They also affect the per capita costs of providing roads, schools, waste water treatment, and police and fire protection and are greater for extremely fragmented and dispersed populations.

In the U.S. much debate surrounds a particular spatial pattern of land use, popularly called 'urban sprawl'. Sprawl is usually defined as the expansion of residential development into agricultural or natural lands in a non-contiguous, scattered pattern of low density development. From environmental, social and public policy perspectives, this pattern is generally considered undesirable because local agriculture is lost, natural vegetation is converted to residential landscaping, habitats are lost or fragmented, and the population is widely dispersed. But some economists have argued that this is just the market at work

reflecting what individuals in society want, and some challenge whether sprawl is the growing problem popularly believed.

The scientific study of sprawl has been hampered by lack of data at appropriate scale. Sprawl is a spatial pattern found at the rural-urban fringe where data on housing do not exist or are so aggregated as to obscure this pattern. Until recently data at higher levels of resolution existed only for small extents, precluding generalizable results. Thus it has been impossible to detect the extent to which sprawl has progressed over time and space, except by unsystematic and localized observation.

Recently, an economic paper was published claiming to prove that sprawl was not a serious problem and that its extent had not changed since the early 1970's. The authors saw sprawl as a transitional state – appearing as sparser development at the edges of cities, but filling in as the city edge moved outward. Their study employed satellite imagery because it was available for the entire U.S. and because it appeared to offer high detailed housing information. By the nature of its construction, however, satellite imagery misses most non-contiguous, low-density development, the very description of sprawl and the phenomenon the authors were claiming to study.

Even if their data had been of an appropriate scale, the spatial measures of pattern they chose to use heavily weighted already urban areas at the expense of the site of sprawl – the rural-urban fringe. Using alternative sources of data for our state of Maryland, my colleague and I were able to observe low density, fragmented development and measure changing spatial patterns using spatial measures borrowed from the ecological literature. The results of this analysis supported the popular contention that sprawl is, indeed, an increasing phenomenon and that the landscape is filling up with complex and increasingly fragmented patches of development.

The phenomenon of sprawl is a good example of an economics problem in which spatial heterogeneity plays a key role. It is also a good example of how understanding the important process of sprawl requires first getting the data right and then defining pattern measures that capture the appropriate concept. Without a history of thinking in terms of space, economists unlike ecologists do not always recognize the challenges in doing so.

## ***Spatial Interactions***

Defining quantitative measures of pattern is necessary for studying any spatially related problem, but it is rarely a goal in its own right. Simon Levin, a leading mathematical ecologist, has said that understanding patterns in terms of the processes that produce them is the essence of science. If there are observable patterns in systems they must have emerged through individualistic responses. Understanding these responses makes for the essence of economics as well.

One economic process that has received much attention in environmental economics, is the 'environmental externality'. Pollution is a good example of an externality. It is often a by-product of some production process that causes harm to others but does not appear as a cost to the producing firm. For one reason or another, the market does not work to internalize these costs. Often regulations are imposed that either directly control the amount of pollution allowed or provide financial incentives to reduce or avoid emissions. Some externalities are localized. A conventional farm might generate negative externalities that affect a neighboring organic grower by inadvertently killing beneficial insects through pesticide use. Externalities can have wider geographic extents. For example industrial emissions can spread for tens or hundreds of miles from the polluter.

Environmental externalities are examples of a class of problems called spatial interactions. While the *concept* of spatial interactions, and in particular spatial externalities, holds a prominent place in environmental economics, *empirical tests* are sparse. Because externalities almost always relate to spatial location, adequate empirical tests of these externalities require spatial data at a scale that is rarely available. Unfortunately, lack of appropriate data is not always recognized as an obstacle to good research.

A second illustration of what can go wrong if one does not consider data at the appropriate spatial scale can be found in a recently published paper on a specific type of spatial interaction. In this paper the authors claimed to test whether the clean-up of hazard waste sites in the U.S. led to increased property values for nearby residents. They found no evidence of increased residential values and concluded that clean-up generated little or no value.

To test the hypothesis that hazard waste cleanup has a positive effect on surrounding real estate, some prior information is needed about the spatial extent of the waste site's negative externality. Little thought was given to spatial extent. Median housing prices were obtained before and after cleanup for aggregate areas called Census tracts in which hazardous waste sites were found. The authors ignored the fact that these sites are most often found in either heavily industrial areas or in rural areas. In the former, there are likely to be few houses in the



same Census tract as the hazardous waste site because the tract is small and highly industrialized. In the latter, the size of the Census tract will be so large that the spatial extent of the externality will be small relative to the size of the unit of observation, so that median house price at the tract level will fail to produce any reliable signal about the value of cleanup. This paper is representative of a class of economics literature that grows out of a fundamentally aspatial research tradition and thus gives little attention to the concept of appropriate spatial scale.

### ***Endogeneity***

This paper suffers from an additional problem – the failure to recognize an endogeneity problem that plagues much research on the effects of government actions. In the hazardous waste example, the spatial arrangement of housing relative to the contaminating site is not random. Jurisdictions often site locally undesirable land uses along borders so that a large share of the undesirable effects impact residents of other jurisdictions. In fact, we found that most of the residential development near hazardous waste sites in our state of Maryland were located on the other side of a jurisdictional boundary. In such cases the properties in close proximity to the hazardous waste site were located in another tract and were not recorded by the authors as being related to the hazard waste site at all, even where the residential areas virtually bordered the hazardous site. Here is a mismatch between the boundaries of the spatially aggregated observational unit – the jurisdiction – and the spatial extent of the externality being studied, due to unrecognized underlying political and economic behavior.

Errors from failing to recognize that government actions cannot be treated as random experiments were common in the earlier economics literature on land use. In the U.S. land use regulations are made at the local government level. To economists wanting to test the efficacy of different regulatory approaches, this appeared to produce a ‘natural experiment’. Because local governments are numerous and their regulations vary in type and intensity, landscape outcomes could be compared across these many varying circumstances.

The statistical analyses undertaken by these economists simply attempted to relate amount of new development or changes in housing prices to indices of regulatory stringency. They ignored the fact that land use regulations are most often adopted where localities perceive rampant growth pressures that chew up open space, strain existing public infrastructure, and raise public expenditures faster than tax revenues. Therefore as we look across local government experiences, we should expect that the form and intensity of the policy will be correlated with the severity of the underlying land use problem. Localities that adopt policies

will be fundamentally different from those that do not and differences in the amount of new development across different jurisdictions will be due as much to differences in underlying growth pressures as to the stringency of regulations. The many published analyses that have failed to correct for this inherent 'endogeneity' problem have produced biased and often qualitatively erroneous conclusions.

## **New Approaches in Land Use Research**

I have mentioned several types of mistakes economists have made in analyzing land use issues, mistakes that grow out of the fundamentally non-spatial heritage of economics. These mistakes are less and less common in the economics literature as we recognize the need for better data and statistical approaches. For example, the use of statistical matching methods has gained popularity in the policy evaluation literature in general and in the land use regulation literature in particular because it recognizes that policy adoption is often best characterized as a non-random 'treatment' problem. This approach depends heavily on being able to measure as much about the landscape as possible making rich geographically-specific data a necessity.

Environmental economists have also been developing empirical models of spatial interactions. The intent of these models is to test the intensity and extent of neighboring spatial effects. In particular the new approaches recognize that it is often difficult to test for interactions if there also exist spatial correlation in underlying factors. Because neighboring parcels are likely to share common characteristics such as topology, soil types, road accessibility, etc, decisions with regard to their use may be correlated even if there is no direct interaction among the decisions. Untangling true spatial effects from effects induced by spatially correlated landscape features has been the focus of much work. This is especially important in the research that looks at the role of undeveloped open space land in the landscape. Many public policies in the U.S. attempt to preserve this open space land through purchase. Researchers have studied the effect of this set-aside of open space land on the likelihood that surrounding land will be even more prone to development, because open space is considered by households as a very desirable neighbor. In fact, the attraction of development along the borders of preserved open space may be contributing to urban sprawl.

In the final analysis, though, the most important reason for environmental economists to take space into account is that it matters so much to environmental scientists. Land use change is being recognized as the key driver of environmental change, but until recently economists have shown little interest in tackling this question in a way that would contribute to the

scientists' analyses. As a consequence, environmental scientists, with scant if any input from economists, have attempted to fill this void on their own. A common approach is to estimate land use transition probabilities based on past transitions or expressed as simple functions of socioeconomic data. An alternative approach ignores underlying factors altogether and simply attempts to project past changes in development patterns onto future landscapes. Such approaches fail to remember Levin's words: that spatial pattern comes about because of underlying processes and it is these economic processes that we must understand when we study development.

Without an understanding of economic behavior, the role of markets and the constraining influence of regulation, scientists models of human-induced land use change make even worse mistakes than we economists have made. They fail to capture how economic behavior adjusts in the face of market conditions, and they miss the feedback between individual decisions and market signals. They also are usually based on the common but mistaken belief that the public sector can completely manage the landscape through regulations. They do not recognize the behavioral responses induced by policy instruments.

Perhaps the most exciting new research in the economics of land use is the work that attempts to reverse these mistakes and to work together with environmental scientists. After many tentative first steps, interdisciplinary research on land use is now a very active field of inquiry, receiving considerable research funding. Before concluding, I'll use as my final example the last interdisciplinary project I worked in my career, as an illustration of the type of work ongoing today.

Because urbanization has been found to have dramatic effects on both the form and function of aquatic systems, the US Environmental Protection Agency assembled a team of ecologists, hydrologists, geomorphologists and economists to study the relationship between land use and stream ecosystem structure and function for an urbanizing watershed – again in the state of Maryland. We were interested in how the history of development in the watershed led to current ecosystem status, and how the structure and function at specific locations within the watershed were affected by changes in upstream land use over time. This was a study to incorporate both temporal and spatial dynamics and to analyze the feedbacks not just among hydrology, geology and biology but between these biophysical components and humans.

The economists focused on explaining the land use change decision and doing so at as fine a spatial scale as possible. This meant studying the behavior of owners of individual land parcels – the smallest possible unit of analysis in the economics system. We asked questions

such as: How profitable is a given parcel in each of its alternative uses and what characteristics of the parcel affect the economic returns and costs in each of those uses? How do spatial interactions with surrounding land uses affect profits and how do relative profits affect the likelihood of development? What is the optimal time of development for any given parcel? How do government regulations constrain the landowner and what unintended consequences might arise from these regulations? Statistical hypothesis testing on these sorts of questions has produced over time much new information about development. And it allowed us to make predictions about future land use change at a spatial scale useful for ecologists.

At the same time, ecologists were busy documenting further evidence of the direct and negative effects of urbanization on stream structure and function. In our study, land development clearly affected species productivity and diversity in local streams. What we did *not* find, however, were clear ways in which these ecological outcomes affected human decision making through some immediate and localized feedback mechanism. This is not to deny the role streams have in contributing to flood control, soil formation, nutrient cycling and so forth, but only to say that these outcomes do not enter households' and firms' decision processes directly. In fact the most important way in which humans experience feedback from ecological loss in such cases is often through the public sector. Where direct feedback is absent, policies often provide a kind of artificial feedback through regulation. Policy actions are themselves temporally lagged responses, however, and are not always in time to avert serious ecological losses. With this in mind, the ultimate task of the project was to play out predictions for future decades, dependent on different scenarios of land use change behavior, constrained by alternative visions of future government regulation. In particular we explored the effectiveness of new growth control policies aimed at redirecting the spatial pattern of new development.

I'd like to add that there *are* settings in which the ecological consequences of development generate clear and direct feedback to economic systems at time scales that are meaningful in a political sense. This most often happens in amenity-rich landscapes where scenic attractions or water quality matter. In some locations, such as Mallorca, scenic beauty and amenity-rich coastlines are widely appreciated features of the landscape and provide a direct connection between the local economy and the underlying ecological health of the area. Natural amenities attract tourists and new residents, leading to increased development. Ultimately the added development may degrade water quality and increase congestion, leading to losses in welfare for the local population and declining profits in the tourist industry. Even in this case, there is no incentive for any household or firm to change its practices because it is the

sum total of actions that brings about the ecological consequences. Again policy actions are needed to take into account the two-way feedbacks between the ecological and economic systems, but in this case the long term economic consequences of ecological protection are far easier to see.

## **Conclusions**

Environmental economists have learned in the past decades that aspatial analysis is not especially helpful in explaining the changing landscape or predicting its future. We have also learned, and not a moment too soon, that without a change in approach we lose our niche in interdisciplinary work. The literature on land use change is filled with work by non-economists attempting to fill in the missing human dimension. Understandably this work does not reflect knowledge of underlying economic processes.

The last decade has seen much activity in this area. The next will see solutions to many of the difficult methodological problems that spatially dynamic behavior induces. This will be aided by the explosion in spatial data made possible by new data generating technologies. It will also see greater integration across fields as young professionals with less of an own-disciplinary bias emerge on the research scene.