

## Idrocarburi e aree ad alta diversità culturale e biologica: un'analisi geografica in Amazzonia

Daniele Codato <sup>(a)</sup>, Salvatore E. Pappalardo <sup>(a)</sup>, Alberto Diantini <sup>(b)</sup>,  
Massimo de Marchi <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli studi di Padova, via  
Ognissanti n. 29 35100 Padova, mastergiscienze@dicea.unipd.it

<sup>(b)</sup> Corso di dottorato in Studi Storici, Geografici ed Antropologici, curriculum in Studi  
Geografici, Dipartimento di Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità, Università degli studi  
di Padova, via del Santo n. 26 35123 Padova

### Abstract

Le operazioni di esplorazione ed estrazione di idrocarburi in diversi contesti geografici sono ampiamente documentate tra le attività antropiche di maggiore impatto sui sistemi socio-ecologici e sul cambiamento climatico, così come è riconosciuta la necessità di politiche più efficaci e l'uso di tecnologie più pulite. Lo studio presentato in questo contributo mira a: 1) analizzare e mappare le interazioni tra le attività legate agli idrocarburi e le aree che presentano un'elevata diversità e sensibilità culturale e biologica; 2) Discutere proposte di criteri geografici per individuare aree *unburnable*, ovvero dove lasciare gli idrocarburi sottoterra.

La metodologia si basa sulla costruzione di un *geodatabase open source* dell'area di studio, che corrisponde all'Amazzonia dell'Ecuador e alla *Region amazzonica* di Loreto in Perù, area riconosciuta per la sua elevata diversità ecologica e culturale. È stata condotta un'analisi in ambiente QGIS delle sovrapposizioni tra gli aspetti socio-ecologici (aree protette, territori indigeni) e le attività di esplorazione e produzione di idrocarburi (riserve, blocchi, pozzi, oleodotti), oltre alla revisione di documenti scientifici e non su questi aspetti. Alcuni risultati dell'analisi GIS mostrano che quasi l'intera area di studio fa parte della provincia geologica del Putumayo-Oriente-Marañon, con una stima di 7290 milioni barili di petrolio equivalente sottoterra, dove le concessioni di idrocarburi coprono il 33% della superficie e si trovano circa 1780 pozzi. Le aree protette ricadenti nelle concessioni risultano essere il 18% e importanti sono anche le sovrapposizioni con i territori indigeni, evidenziando così l'urgenza di politiche più efficaci per garantire la sostenibilità ambientale e sociale e la definizione di criteri geografici per individuare aree *unburnable*.

### Introduzione

I cambiamenti climatici e gli impatti socio-ambientali causati dalle operazioni di esplorazione e produzione di combustibili fossili in diversi contesti geografici sono ampiamente riconosciuti nella letteratura scientifica, insieme alla necessità di politiche, progetti e tecnologie più efficaci per evitare o minimizzare questi effetti (Finer et al., 2008 e 2013). Per evitare drastiche conseguenze per l'ambiente, i responsabili politici hanno stabilito come soglia da non superare i 2° C al di sopra della temperatura media globale dell'era preindustriale (Steffen, 2015; COP21, 2015; Jakob, Hilaire, 2015). Per il

periodo 2011-2050 è stato stimato che, per non superare la soglia dei 2° C, le emissioni di CO<sub>2</sub> devono rimanere tra gli 870 e le 1240 Gt (McGlade, Ekins, 2015; Clarke et al., 2014). Per raggiungere questo obiettivo, McGlade ed Ekins (2015), hanno stabilito che oltre l'80% del carbone, il 50% del gas e il 30% delle riserve di petrolio devono rimanere sottoterra, ovvero *unburnable*. Oltre agli effetti sul cambiamento climatico, gli impatti socio-ambientali legati al petrolio sono ampiamente documentati: perdita di biodiversità dovuta al degrado degli ecosistemi e alla frammentazione degli habitat, la contaminazione dei corpi idrici, una minaccia sia all'equilibrio ecologico che alla salute umana e cambiamenti nella cultura e nell'uso del territorio (Jarvis et al., 2010; Finer et al., 2008). Ogni fase di esplorazione, estrazione e trasporto di idrocarburi mostra impatti significativi sull'ambiente (Diantini, 2016).

Partendo da queste considerazioni, lo studio presentato in questo contributo mira a: 1) analizzare e mappare le sovrapposizioni e le interazioni tra attività idrocarburifere e gli aspetti biologici e culturali in un'area ad alta sensibilità; 2) discutere dei criteri geografici per individuare aree *unburnable*.

Lo studio riguarda l'area Amazzonica tra l'Ecuador (Regione amazzonica ecuadoriana) e il Perù (una delle sue unità amministrative amazzoniche di confine, ovvero la *Region Loreto*), un territorio globalmente riconosciuto per la sua elevata diversità biologica e culturale, grazie alla presenza di gruppi indigeni e indigeni ancora non contattati o che hanno deciso di rimanere in isolamento volontario dalla società (Dourojeanni, 2013; Finer et al., 2008; Pappalardo et al., 2013). Infatti, la presenza di diverse aree protette (di seguito ANP) e Territori indigeni (di seguito TI) testimoniano progetti di conservazione della diversità biologica e culturale, che si relazionano e spesso scontrano con diverse attività di esplorazione ed estrazione di idrocarburi in sviluppo sin dal 1970 (Codato, 2015; RAISG, 2012; Finer et al., 2008).

## Materiali e metodi

In primo luogo, sono state eseguite una revisione della letteratura scientifica e grigia e la ricerca, raccolta e selezione di dati spaziali e non spaziali *open*, riguardanti riserve ed attività di esplorazione ed estrazione di idrocarburi in sviluppo e pianificazione e aspetti di conservazione e culturali, per ciascun paese in studio. I dati raccolti e utilizzati nell'analisi e le relative fonti sono presentati nella Tabella 1. Le informazioni sono aggiornate fino all'inizio del 2016 per il tematismo petrolio e gas e all'inizio del 2017 per gli aspetti culturali e di conservazione, privilegiando le informazioni ufficiali dai Geoportali o WebGIS, internazionali e nazionali. Per il petrolio e gas sono stati considerati i blocchi petroliferi, ovvero le aree che uno stato promuove o concede a un'impresa per l'esplorazione o la produzione di idrocarburi, i pozzi e gli oleodotti. In relazione ai TI, si è usato lo shapefile disponibile sul sito web della "Red Ambiental de Información Georreferenciada" (RAISG), considerando tre categorie per i diversi poligoni, ovvero 1) riconosciuti formalmente dal governo locale (TIFR); 2) non riconosciuti formalmente dal governo locale (TINFR); 3) zona intangibile o proposta di riserva territoriale per le popolazioni indigene in isolamento volontario o non contattate (di seguito considerati TI per i non contattati o TINC).

In secondo luogo, tutti i dati sono confluiti in un *geodatabase* e in un progetto GIS, grazie al software *opensource* QGIS, versione 2.18, per le successive analisi spaziali. Le analisi eseguite sono state 1) il ritaglio di tutti i dati raccolti nell'area di studio amazzonica di ciascun Paese considerato; 2) il calcolo delle geometrie spaziali in modo diverso in base al tipo di dati vettoriali, ovvero il totale degli elementi per i punti (pozzi), l'area in km<sup>2</sup> per i poligoni, come ANP, blocchi e TI e i chilometri di lunghezza lineare per gli oleodotti; 3) un'operazione di sovrapposizione spaziale con l'algoritmo *intersect*, che consente di evidenziare dove le attività di petrolio e gas, le ANP e i TI si sovrappongono e il calcolo delle relative geometrie. In conclusione, tutti gli *output* sono stati presentati in cartografie e tabelle che mostrano le relazioni spaziali per l'intera area di studio e le frequenze assolute e relative di ciascun tematismo per l'Amazzonia dell'Ecuador e la *Region* Loreto.

Tematismo	Dataset	Fonte
Limiti Ecologici	Limiti Amazzonia	WWF Amazon Ecoregion da ArcGIS online
Petrolio e Gas	Riserve, blocchi petrolio e gas, pozzi petrolio e gas, oleodotti	Perupetro S.A. (Peru), Secretaria de Hidrocarburos de Ecuador (SHE), Loreto Sostenible (Dourojeanni, 2013), World Petroleum Assessment (USGS, 2000); Finer et al., 2013
Diversità culturale	Territori Indigeni (TI)	Red Ambiental de Información Georreferenciada (RAISG)
Conservazione della biodiversità	Aree naturali protette (ANP)	Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA)
Aspetti ambientali	fiumi	Geoportale di ogni paese
Aspetti Amministrativi	Limiti nazionali, città principali	DIVA GIS, Geoportale di ogni Paese

Tabella 1 - Dati spaziali usati nell'analisi e loro fonte

## Risultati e discussione

Le seguenti tabelle (2 e 3) e cartografie (nelle figure 1 e 2) presentano i risultati dell'analisi GIS relativa all'area di studio, cioè la parte amazzonica dell'Ecuador e la *Region* Loreto in Perù. Il territorio amazzonico considerato in questo studio corrisponde a 496.154 km<sup>2</sup>, dove Loreto occupa il 29% del territorio peruviano e il 48% della sua Amazzonia, mentre l'Amazzonia dell'Ecuador rappresenta il 45% del territorio di questo Paese. In particolare, il 77% dell'intera area di studio appartiene alla *Region* Loreto, mentre il restante 23% appartiene all'Amazzonia dell'Ecuador. Per quanto riguarda il tema della conservazione biologica, circa il 29% dell'area di studio è coperta da diverse categorie di ANP (sia la parte peruviana che quella ecuadoriana proteggono circa il 29% della propria area di studio, almeno su carta). Rispetto alla conservazione della diversità culturale, le tre diverse categorie di TI sono presenti in questo territorio. Nella tabella 2 si può notare che il 24,88% dell'area è occupato da TIFR, l'1,88% da TINFR e il 7,56% da TINC. Si può notare che in Ecuador oltre il 54% del territorio amazzonico è occupato da

TIFR, mentre circa il 10% e il 7% dell'area di studio ecuadoriana e peruviana amazzonica sono mappati come TINC.

La sovrapposizione tra attività idrocarburifere, l'area di studio amazzonica, Le ANP e i TI precedentemente considerati sono illustrate graficamente nelle Figura 1, mentre i risultati delle analisi sono riportati nella Tabella 3. Innanzitutto vale la pena notare che, secondo il *World Petroleum Assessment* effettuato dallo United States Geological Survey (USGS) nel 2000, la maggior parte dell'area di studio appartiene alla Provincia Geologica del Bacino di Putumayo-Oriente-Maranon (*USGS Petroleum reserve region* in figura 1) e la valutazione ha rilevato che l'ammontare di *Future Petroleum* (la somma stimata di idrocarburi non ancora recuperata, ovvero petrolio, gas e gas naturale liquido) è di circa 7290 milioni di barili di petrolio equivalente. Nella mappa in Figura 2 e in Tabella 3, possiamo notare che oltre il 33% dell'area di studio è sotto concessione (165751 km<sup>2</sup>), più precisamente il 25,44% è occupata da blocchi esplorativi o blocchi in promozione e quasi l'8% da blocchi in sfruttamento. Sulla base di queste analisi GIS, è possibile affermare che sia il Perù che l'Ecuador stanno investendo nell'espansione della frontiera petrolifera all'interno della propria area amazzonica; infatti, la percentuale dei blocchi esplorativi o in promozione è del 23,71% (*Region Loreto*) e del 31% (Amazzonia ecuadoriana). In particolare per l'Ecuador, la sua Amazzonia si presenta come una scacchiera organizzata in maniera regolare per l'estrazione di petrolio da nord a sud, dando l'impressione di un destino fossile già definito. Analizzando le infrastrutture petrolifere all'interno dell'area di studio, la distribuzione dei pozzi di petrolio e gas è predominante nell'Amazzonia dell'Ecuador (1260 pozzi contro i 521 situati a Loreto), probabilmente a causa della grande area di sfruttamento di questo Paese. Per quanto riguarda lo sviluppo lineare degli oleodotti, essi si estendono maggiormente in Loreto con 1153 km, mentre in Amazzonia, l'Ecuador si trova a circa 236 km, probabilmente a causa della maggiore area di studio amazzonica nella parte peruviana. Nella cartografia presentata nella figura 2 è anche mostrato lo sviluppo futuro dell'oleodotto peruviano settentrionale (linea blu), dove la linea rossa rappresenta le sezioni future previste: la sezione della condotta che collegherà i nuovi blocchi petroliferi dell'Ecuador sud-orientale all'oleodotto peruviano; la connessione proiettata al blocco 67 recentemente entrato in produzione (la linea rossa a est); e la connessione pianificata al blocco 64 (la linea rossa a ovest) (Finer et al., 2013; PUINAMUDT, 2012).

Un altro risultato interessante è la sovrapposizione tra blocchi di idrocarburi con ANP e TI. Osservando i valori ottenuti per le ANP, in Perù ed Ecuador questo valore è compreso tra il 18 e il 20% delle rispettive aree di studio: in entrambi i paesi queste attività estrattive non sono consentite solo nei Parchi Nazionali, tranne nei casi di interesse nazionale, mentre nelle altre categorie di aree protette esse dipendono da valutazioni ambientali.

Per quanto riguarda i valori ottenuti per i TI, la sovrapposizione è molto importante in Ecuador, con oltre il 69%, mentre a Loreto raggiunge quasi il 25%. Al contrario, nella *Region Loreto* domina la sovrapposizione tra blocchi e TINC, che è di circa il 66%, anche se la maggior parte dei TINC sono proposte di riserva non ancora riconosciute dallo Stato peruviano. Per quanto riguarda la presenza di pozzi e oleodotti nei TI, sembra essere quasi inesistente nei TINC,

mentre raggiunge il 21% per gli oleodotti e il 19% per i pozzi nel resto dei TI, rispetto al totale di questi elementi nell'area di studio amazzonica. I pozzi e gli oleodotti che si trovano nelle ANP sembrano essere inferiori rispetto alla loro presenza nei TI, con il 12% e il 5%, rispettivamente, anche se bisogna ricordare che l'impatto provocato ad esempio da una fuoriuscita di petrolio da un oleodotto si può estendere su una superficie molto maggiore rispetto a quella occupata dall'infrastruttura, in particolare in un ecosistema con un'importante sistema di drenaggio come quello amazzonico.

<b>Tematismo</b>	<b>Amazzonia Ecuador</b>	<b>Region Loreto</b>	<b>Area Studio tot.</b>
Area di studio (km <sup>2</sup> )	116108.55	380046.06	496154.61
% di Amazzonia nel tot. area studio	23.40%	76.60%	100%
% di area studio nell'Amazzonia di ogni paese	100%	48.30%	-
% di area studio nell'area totale di ogni paese	44.64%	29.03%	-
ANP nell'area studio (km <sup>2</sup> )	32664.64	111997.00	144661.64
% di ANP nell'area studio	28.13%	29.47%	29.16%
TIRF (km <sup>2</sup> )	62877.42	60553.46	123430.88
% di TIRF nell'area studio	54.15 %	15.93%	24.88%
TINRF (km <sup>2</sup> )	2763.55	6576.95	9340.50
% di TINRF nell'area studio	2.38%	1.73%	1.88%
TINC (km <sup>2</sup> )	12038.11	25461.94	37500.05
% di TINC nell'area studio	10.37 %	6.70%	7.56%

*Tabella 2 - Analisi spaziale dell'area di studio: estensione e percentuale di ANP e TI presenti per ogni paese e per il totale dell'area di studio*

<b>Tematismo</b>	<b>Amazzonia Ecuador</b>		<b>Region Loreto</b>		<b>Area studio tot.</b>	
	<b>Totale</b>	<b>Frequenza relativa</b>	<b>Totale</b>	<b>Frequenza relativa</b>	<b>Totale</b>	<b>Freq. relativa</b>
Pozzi (num.)	1260	-	521	-	1781	-
Blocchi esplorativi/in promozione (km <sup>2</sup> )	36099.72	31.09%	90137.24	23.71%	126239.96	25.44%
Blocchi in produzione (km <sup>2</sup> )	32979.06	28.40 %	6535.54	1.72%	39514.60	7.96%
Tot. blocchi (km <sup>2</sup> )	69,078.78	59.49 %	96672.78	25.44%	165751.56	33.40%
Oleodotti (km)	236.85	-	1153.00	-	1389.85	-
ANP nei Blocchi (km <sup>2</sup> )	6696.66	20.50 %*	19799.52	17.68%*	26496.18	18.31%*



TIRF e TINRF nei blocchi (km <sup>2</sup> )	45710.13	69.64%*	16772.60	24.98%*	62482.73	47.06%*
TINC nei blocchi (km <sup>2</sup> )	545,39	4.53%*	16796.07	65.96%*	17341.46	46.24%*
Pozzi nei blocchi	187	14.84%	41	7.87%	228	12.80%
Pozzi in TIRF e TINRF	305	24.21%	38	7.30%	343	19.26%
Pozzi in TINC	10	0.79%	7	1.34%	17	0.95%
Oleodotti in ANP	37.20	15.71%	29.80	2.58%	67.00	4.82%
Oleodotti in TIRF e TINRF	11.98	5.06%	280.31	24.31%	292.29	21.03%
Oleodotti in TINC	0	0	0	65.9	0	0

\* % dell'area del tematismo dentro il blocco sull'area totale del tematismo nell'area di studio amazzonica.

Tabella 3 - Analisi GIS delle attività idrocarburifere nell'area di studio e le loro relazioni con ANP e TI

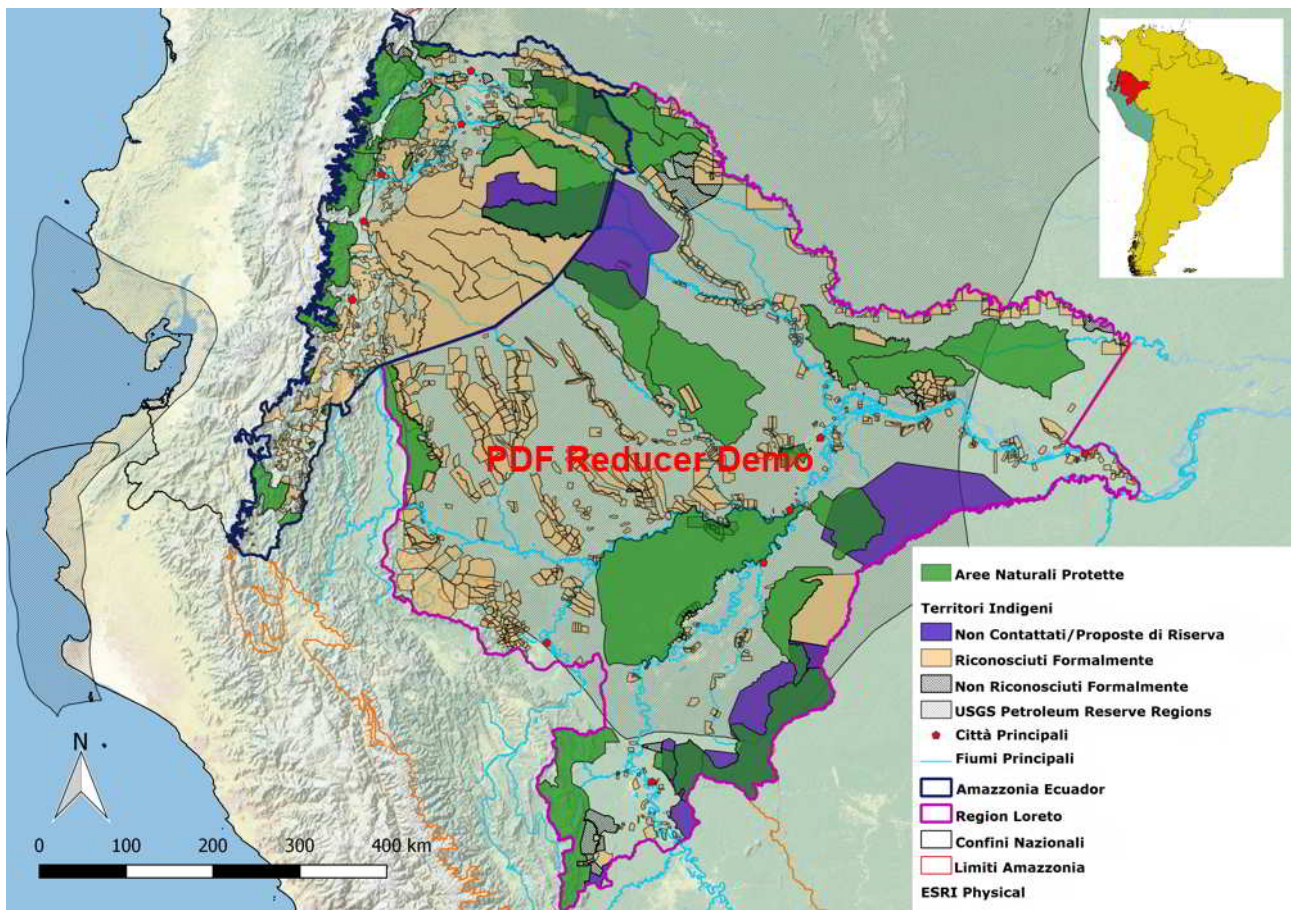


Figura 1 - Inquadramento dell'area di studio con evidenziate le ANP, i TI e le petroleum reserve region secondo il USGS 2000 World Petroleum Assessment

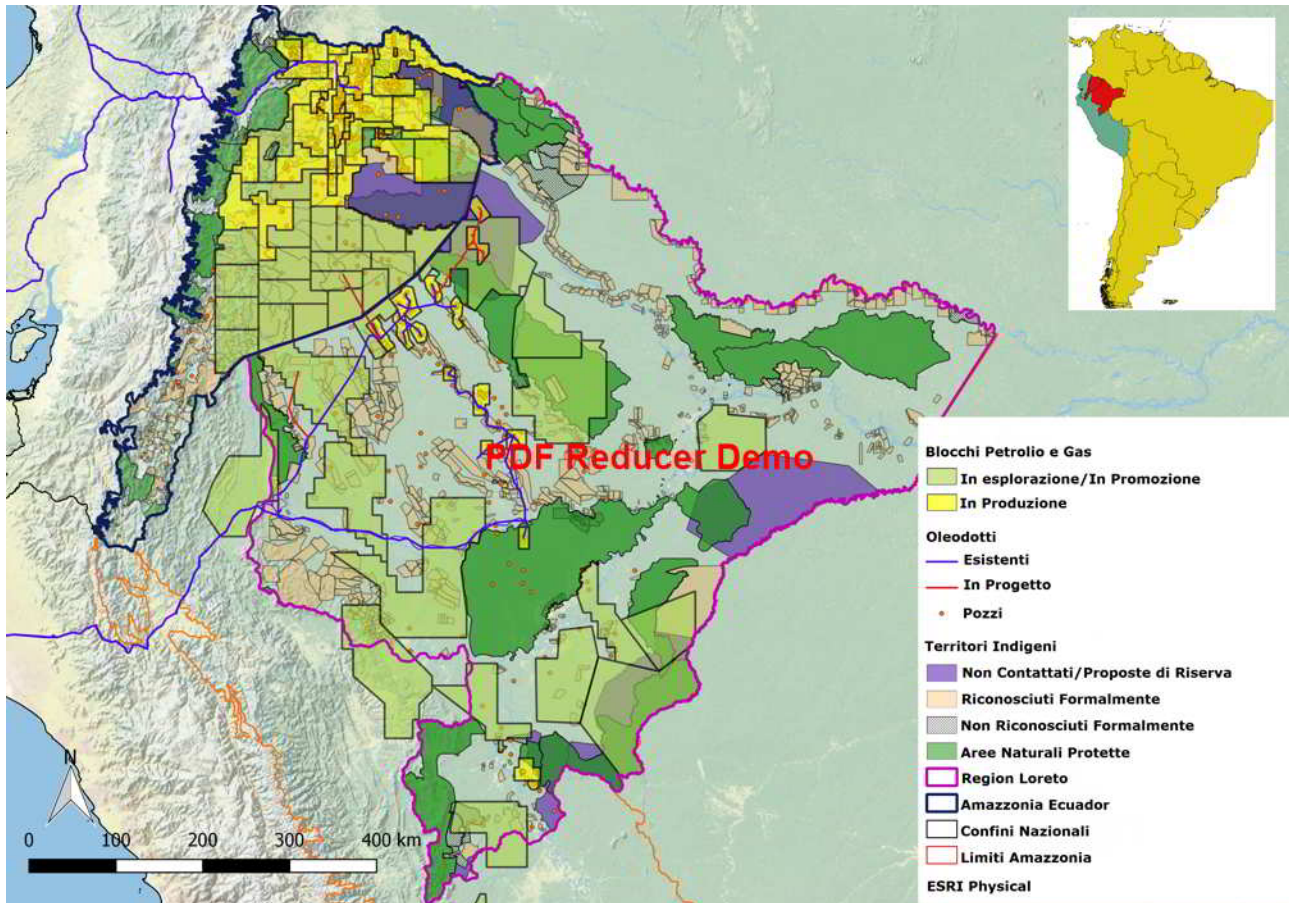


Figura 2 - Cartografia raffigurante le relazioni tra i blocchi di petrolio e gas, I pozzi e gli oleodotti con le ANP e i TI nell'area di studio

## Conclusioni

In questo studio, abbiamo identificato la sovrapposizione tra attività idrocarburifere e aree culturalmente ed ecologicamente sensibili, ovvero le aree naturali protette e i territori indigeni, come primo passo verso la definizione di potenziali aree *unburnable*. I risultati hanno mostrato che oltre il 33% dell'area di studio è concessionata o è promozionata per attività di estrazione di tali risorse. Queste sovrapposizioni consentono una prima identificazione di aree critiche con potenziali impatti socio-ambientali dovuti alle attività di esplorazione ed estrazione di idrocarburi, in cui possono essere implementate indagini future, quali analisi spaziali multicriteriali utili a supportare processi decisionali per sviluppare politiche volte a lasciare il petrolio sottoterra. Questa raccolta e analisi GIS di potenziali criteri geografici utili per definire aree *unburnable*, che considera anche tematismi, come pozzi e oleodotti non presi in considerazione in precedenti indagini, ha svelato la necessità di ulteriori studi per espandere la raccolta di dati spaziali utilizzabili come criteri e la creazione di un database per considerare altri aspetti, come quelli economici e normativi. Inoltre, questo studio può contribuire al dibattito in corso su chi, dove e come definire politiche per lasciare il petrolio sottoterra per raggiungere la giustizia e la sostenibilità ambientale.



## Bibliografia

- Clarke L., Jiang K., Akimoto K., Babiker M., Blanford G., Fisher-Vanden K., Hourcade J.-C., Krey V., Kriegler E., Löschel A., McCollum D., Paltsev S., Rose S., Shukla P.R., Tavoni M., van der Zwaan B.C.C. e van Vuuren D.P. (2014), *Assessing Transformation Pathways*, in: AAVV, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom e New York.
- Codato D. (2015), *Una mirada sobre el lado peruano: la Región de Loreto*, in: De Marchi M., Pappalardo S. E., Codato D., Ferrarese F. (eds.), *Zona Intangible Tagaeri Taromenane y expansión de las fronteras hidrocarburíferas*, CLEUP e CICAME – Fundación A. Labaka, Padova e Quito.
- COP21 (2015), *Paris Agreements, Conference of the Parties. Paris: United Nations Framework Convention on Climate Change*, <http://www.cop21paris.org/>, acceso 20 Settembre 2018.
- Diantini A. (2016) *Petrolio e biodiversità in Val d'Agri. Linee guida per la valutazione di impatto ambientale di attività petrolifere onshore*, CLEUP, Padova.
- Dourojeanni M. (2013), *Loreto Sostenibile al 2021*, Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) e Center for International Environmental Law (CIEL), Lima.
- Finer M., Jenkins C. N., Pimm S. L., Keane B. e Ross, C. (2008), "Oil and gas projects in the Western Amazon: Threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples", *PLoS One*. 3 (8). e2932.
- Finer M., Jenkins C. N. e Powers B. (2013), "Potential of best practice to reduce impacts from oil and gas projects in the Amazon", *PLoS One* 8 e63022.
- Jakob M. e Hilaire J. (2015), "Climate science: Unburnable fossil-fuel reserves", *Nature*, 517(7533), 150–152.
- Jarvis A., Touval J. L., Schmitz M. C., Sotomayor L. e Hyman G.G. (2010), "Assessment of threats to ecosystems in South America", *Journal for Nature Conservation*, 18, 180–188.
- McGlade C. e Ekins P. (2015), "The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C", *Nature*, 517 (7533): 187–90.
- Pappalardo S.E., De Marchi M. e Ferrarese F. (2013), "Uncontacted Waorani in the Yasuní Biosphere Reserve: geographical validation of the Zona Intangible Tagaeri Taromenane (ZITT)", *PLoS ONE*, 8(6), e66293.
- PUINAMUDT - Pueblos Indígenas Amazónicos Unidos en Defensa de sus Territorios (2013), "Conjunto de proyectos de inversión en Hidrocarburos en Loreto", <http://observatoriopetrolero.org/nueva-ronda-petrolera-en-la-amazonia-peruana-loreto/>, acceso 09 settembre 2018.
- RAISG - Red Amazonica de Información Socioambiental Georeferenciada (2012), *Amazonía bajo presión*, Instituto Socioambiental, Sao Paulo.
- Steffen, W. (2015), *Unburnable carbon: Why we need to leave fossil fuel in the ground*, Climate Council of Australia Ltd.
- US Geological Survey (2000), *World Petroleum Assessment 2000*, <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060/>, acceso 09 settembre 2018.