

Dati VIIRS-Nightfire per il monitoraggio del gas flaring in Amazzonia: il caso Yasuní

Francesco Facchinelli ^(a), Salvatore Eugenio Pappalardo ^(a),
Giuseppe Della Fera ^(b), Edoardo Crescini ^(a), Daniele Codato ^(a),
Alberto Diantini ^(c), Massimo De Marchi ^(a)

(a) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale (ICEA),
Università degli Studi di Padova, via Marzolo 9 – 35131 Padova –

(b) IUAV - Santa Croce, 191, 30135 Venezia VE

(c) Dipartimento in Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità (DiSSGea), Università degli
Studi di Padova - Via del Vescovado,30 – 35141 Padova-

facchinellifrancesco9@gmail.com

salvatore.pappalardo@unipd.it

dellafera.urbanplanner@gmail.com

edoardocrescinidmb@gmail.com

daniele.codato@unipd.it

alberto.diantini@gmail.com

massimo.de-marchi@unipd.it

Abstract

L'estrazione di combustibili fossili è un'attività che ha ormai raggiunto aree remote ad alta diversità biologica e culturale, tra le quali desta gran preoccupazione l'espansione della frontiera petrolifera in Amazzonia occidentale, specialmente nella Riserva della Biosfera Yasuní (YBR), uno dei luoghi più biodiversi del pianeta e casa ancestrale degli indigeni Waorani. In prossimità di questa zona, gli impatti socio-ambientali diretti e indiretti delle varie fasi dell'estrazione petrolifera sono ampiamente documentati.

Tra queste attività, la distribuzione spaziale e gli impatti ambientali del gas flaring non sono stati ancora investigati a fondo, anche a causa della mancanza di un sistema di monitoraggio e documentazione delle posizioni dei flare e dei volumi di gas bruciato. Negli ultimi anni si sta assistendo però a un'inversione di tendenza, grazie allo sviluppo di vari metodi di monitoraggio da remoto, attraverso l'analisi multispettrale da satellite.

Lo scopo di questo studio è mappare l'attività di gas flaring nell'area dello YBR, analizzando diacronicamente e valutando gli impatti potenziali sia sulla biodiversità che sulle comunità locali.

I dati giornalieri prodotti dalla NOAA da gennaio 2017 a marzo 2018, basate sull'elaborazione di immagini dal sensore "Visible Infrared Imaging Radiometric Suite" del satellite Suomi-SNPP per il monitoraggio delle attività di gas flaring, sono stati analizzati e geoprocessati con dati sulle aree protette e comunità indigene. Per il corretto posizionamento dei flare, quando possibile, è stato fatto riferimento ai dataset annuali della NOAA, per i nuovi flare è stato usato il centroide delle rilevazioni.

I risultati preliminari mostrano la presenza di un nuovo sito di flare nel campo petrolifero Tiputini vicino all' "Area Nucleo" della YBR; tre flare sono stati rilevati nella zona buffer e 19 nella zona di transizione della YBR. L'analisi

spaziale ha inoltre identificato 6 comunità indigene in un raggio di 6 Km dai flare.

Questo studio rivela l'enorme potenziale degli open data come Nightfire della NOAA per il monitoraggio di aree remote ad elevata importanza per la conservazione della biodiversità e dei territori indigeni.

Introduzione:

I cambiamenti climatici ed i loro effetti rappresentano una delle più grandi sfide che il genere umano deve affrontare nell'epoca attuale.

Per evitare gli effetti diretti e indiretti ad esso collegati, nella ventunesima Conferenza delle Parti (COP) svoltasi nel 2015 a Parigi è stato stabilito l'accordo di mantenere l'aumento globale di temperatura sotto i 2°C dai livelli preindustriali.

McGlade ed Ekins hanno dimostrato che, per raggiungere questo obiettivo, è necessario mantenere nel sottosuolo l'80% delle riserve di carbone, 50% del gas naturale e il 30% del petrolio, evidenziando la scarsa utilità di ulteriori operazioni di esplorazione petrolifera e coniato il concetto di "unburnable carbon"(McGlade and Ekins, 2015).

Finora, l'unico tentativo concreto di mantenere le riserve di combustibili fossili nel sottosuolo è stata la cosiddetta "Iniziativa Yasuní- ITT" promossa dal governo dell'Ecuador durante la presidenza di Rafael Correa nel 2007 (Larrea and Warnars, 2009) al fine di proteggere dagli impatti connessi all'estrazione petrolifera una delle aree più biodiverse al mondo dove vivono numerose popolazioni indigene (Bass et al., 2010; Pappalardo et al., 2013).

Anche se l'iniziativa è fallita per mancanza di fondi, ha alimentato un dibattito scientifico a livello internazionale rispetto alle politiche per proteggere gli ecosistemi dagli effetti del cambiamento climatico e i servizi che essi forniscono. In parallelo è stato coniato il termine "Yasunizzazione", ad indicare la decisione di lasciare gli idrocarburi nel sottosuolo, evitando sia le emissioni di CO₂ e gli impatti socio-ambientali connessi alla loro estrazione (De Marchi et al., 2015). In particolare, gli impatti dell'estrazione petrolifera in Amazzonia Occidentale sono ampiamente documentati, e coinvolgono sia i sistemi ecologici che quelli umani (Finer et al., 2015; Lessmann et al., 2016).

Fra questi, i più documentati sono: contaminazione di acqua, aria e suolo, con conseguenti effetti sulla biodiversità e sulla salute delle popolazioni indigene (Arellano et al., 2017; Hurtig and Sebastián, 2004; Yusta-García et al., 2017), deforestazione e disturbo legati sia alle attività di esplorazione che alla creazione di strade e piattaforme che causano migrazione e perdita di habitat (Bravo, 2007; McCracken and Forstner, 2014; Pohlman et al., 2007) e impatti indiretti legati all'interazione con altre attività umane, come l'utilizzo di strade petrolifere come vettori per la colonizzazione agricola (Bravo, 2007; Ferrarese et al., 2017; Laurance et al., 2009). Nonostante ciò, la distribuzione e i potenziali impatti connessi all'attività di *gas flaring* in contesto amazzonico non sono stati ancora investigati.

Il *gas flaring* consiste nella combustione controllata di gas naturale ed è pratica comune nei processi di esplorazione, produzione e lavorazione di gas e petrolio. Si stima che, attualmente, 140 BCM di gas sono bruciati ogni giorno in

tutto il mondo, causando l'emissione di più di 300 milioni di tonnellate di CO₂ (World Bank, 2017).

Gli impatti del *gas flaring* sugli ecosistemi sono ampiamente documentati, oltre che a livello globale, negli ambienti di estrazione e includono: piogge acide, contaminazione da metalli pesanti e un aumento localizzato della temperatura che va ad alterare il microclima locale (Anomohanran, 2012; Saheed Ismail and Umukoro, 2012). Inoltre una recente analisi bibliografica mette in luce la correlazione fra il *gas flaring* e vari impatti patologici e psicologici sulla salute umana (Seiyaboh and Izah, 2017).

Considerando sia gli obiettivi ambiziosi stabiliti a livello internazionale, sia le questioni a livello locale connesse alla presenza di fiamme petrolifere, la comunità scientifica ha riconosciuto la necessità di metodi di indagine uniformi e indipendenti. Ciò anche a causa della frequente mancanza di resoconti pubblici, essendo il gas bruciato uno scarto del processo produttivo, o a errori e sottostime causati da assunzioni inesatte, come ad esempio nei coefficienti di combustione (Elvidge et al., 2015; Saheed Ismail and Umukoro, 2012)

Materiali e metodi

L'area di studio si localizza all'interno della Regione Amazzonica Ecuatoriana (RAE), che, collocata nella parte orientale dell'Ecuador, comprende le 6 provincie di: Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago e Zamora Chinchipe, per un totale di 117.369 km².

All'interno della RAE, questo studio si concentrerà particolarmente sulla Riserva della Biosfera Yasuni (RBY), in quanto area strategica per la conservazione della diversità biologica e culturale, sia per la biodiversità che per la presenza di numerose popolazioni indigene, due delle quali attualmente "non contattate" (Bass et al., 2010; Pappalardo et al., 2013). La RBY è inserita all'interno del *Man and Biosphere Program* dell'UNESCO (1989) e si compone di tre zone, per un totale di 27773 km²:

- Area Nucleo: "comprende un ecosistema strettamente protetto che contribuisce alla conservazione di paesaggi, ecosistemi, specie e variazione genetica";
- Zona Cuscinetto: "circonda o congiunge le Aree Nucleo, ed è utilizzata per attività compatibili con pratiche ecologiche che possono rinforzare la ricerca scientifica, il monitoraggio, la formazione e l'educazione";
- Area di Transizione: "è la parte della riserva dove la maggiore attività è permessa favorendo uno sviluppo economico ed umano che sia socio-culturalmente ed ecologicamente sostenibile".

L'istituzione della RBY, tuttavia, non ha impedito uno sviluppo estensivo dell'industria petrolifera nell'area, che attualmente occupa la quasi totalità della *Buffer Zone* e della *Transition Area*, nonché una parte sostanziale della *Core Area* (Fig. 1), causando impatti diretti e indiretti sia sugli ecosistemi locali che sulle popolazioni indigene.

L'unica zona che è molto meno coperta dai blocchi petroliferi è la ZITT (Zona Intangibile Tagaeri Taromenane, anche grazie alla creazione, grazie a due decreti nel 1999 e nel 2007 di una "zona intangibile" per proteggere le popolazioni in isolamento volontario (Pappalardo et al., 2013).

Questo studio mira a monitorare le attività di *gas flaring* legate all'estrazione petrolifera nella RAE ed in particolare nelle Riserva della Biosfera Yasuni, utilizzando open data della suite VIIRS-NightFire della NOAA, per il monitoraggio ambientale mirato alla conservazione della biodiversità e la tutela dei diritti umani.

Gli obiettivi specifici sono:

- i) identificare, stimare e analizzare la distribuzione spaziale dell'attività di *gas flaring* in un programma di monitoraggio di 4 anni (2012-2016);
- ii) analizzare la distribuzione spaziale dei *flare* in aree strategiche per la conservazione della diversità biologica e culturale.

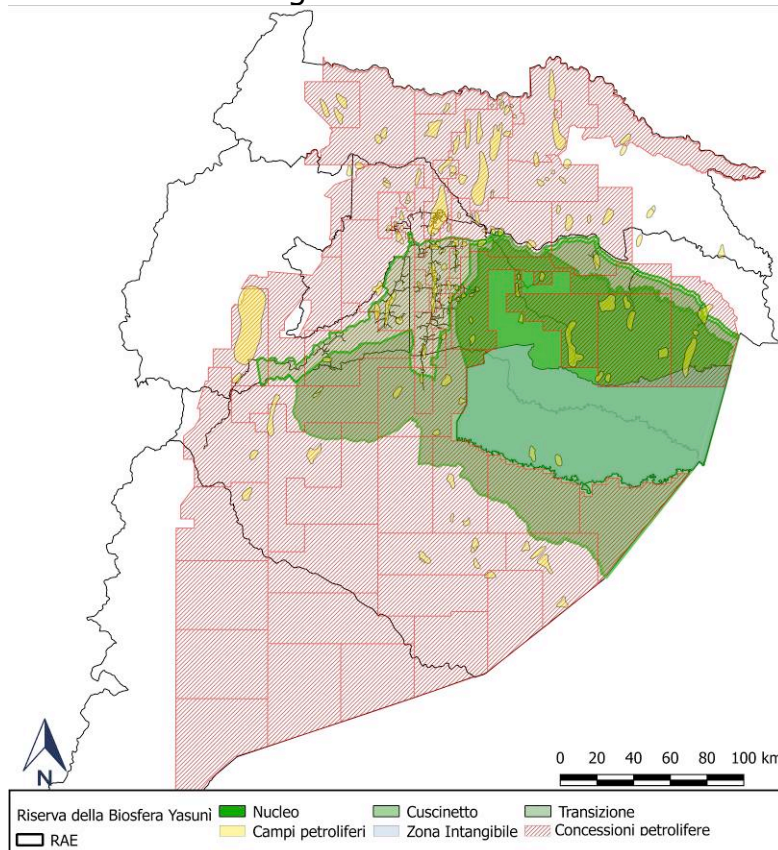


Figura 1 – Concessioni petrolifere ed aree protette nella Regione Amazzonica Ecuatoriana

A causa della varietà e complessità dei dati acquisiti per l'analisi territoriale dell'area di studio è stato adottato l'approccio della *Geographical Information Science* (GIScience) come strumento d'indagine interdisciplinare e trasversale, utilizzando applicazioni basate sui Sistemi Informativi Geografici (GIS) e GeoICT che sono in grado di analizzare, misurare e modellare a livello spaziale processi bio-fisici, ecologici sociali ed economici.

Per il monitoraggio del *gas flaring* è stato utilizzato il dataset creato dall' Earth Observation Group della *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) degli Stati Uniti. Il dataset è frutto della modellazione, attraverso l'algoritmo Nightfire, di immagini satellitari notturne dal *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) (Elvidge et al., 2015).

VIIRS è uno dei 5 sensori installati sul satellite *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (Suomi-NPP) satellite, lanciato nell'ottobre 2011 dalla NOAA.

La piattaforma Suomi-NPP è particolarmente adatta ai fini della ricerca, in quanto ha un tempo di rivisitazione di 12 ore, fornendo una scena di giorno ed una di notte. Il sensore VIIRS si basa su 16 bande a media risoluzione (750 m di pixel al Nadir)(Elvidge et al., 2013).

L'algoritmo compara la radianza in differenti bande, interpolando i valori in una curva di Planck che viene usata come riferimento per stimare la temperatura di ogni pixel. Questa elaborazione, realizzata su immagini notturne prive del disturbo della radiazione solare, permette di discriminare le fiamme petrolifere (1800°K) dalle luci elettriche (3000 °K), dai fuochi di biomasse (□1400 °K) e dagli altri elementi a temperatura ambiente ossia a circa 300 °K.

Risultati

L'analisi del dataset globale sul *gas flaring* della NOAA ci ha permesso di identificare 91 siti attivi fra il 2012 e il 2016, di cui 49 attivi per tutto l'intervallo considerato, per un totale di 4,95 BCM di gas bruciato. Inoltre evidenzia dei trend in crescita sia per la quantità di gas bruciato (+42.4%) che per il numero di siti (+45.6).

L'analisi GIS nella RBY evidenzia un aumento importante del numero di siti nel 2016 (+43% rispetto all'anno prima) a cui corrisponde l'aumento, anche se meno accentuato, della quantità di gas bruciato

Come mostrato in Fig.2 i nuovi siti di *gas flaring* si concentrano nell'area di transizione (7 *flares*). Inoltre nella RBY si trovano il 25% dei *flares* (23 su 91) ed è combusto il 19% del gas della Regione Amazzonica Ecuatoriana (0.94 su 4.95 BCM).

	2012	2013	2014	2015	2016	Tot
Gas flared (BCM)	0.831	0.821	1.033	1.083	1.183	4.95
Flaring sites	57	63	70	67	83	91
New flares sites (BCM)	-	0.017	0.106	0.003	0.055	0.549
% from new flares sites	-	2.11	10.29	0.33	4.67	11.1
New flare sites	-	7	8	1	18	34
Closed flares	-	1	1	4	2	8
Variation of flared gas (%)	-	-1.3	+25.9	+4.8	+9.2	+42.4
N. Flare variation (%)	-	+10.5	11.1	-4.29	+23.	+45.6
Flare sites in RBY	15	15	15	14	20	23
Flared gas in RBY (BCM)	0.19	0.17	0.19	0.18	0.21	0.94
Flare sites Core	0	0	0	0	0	0
Flared gas -Core (BCM)	0	0	0	0	0	0
Flare sites Buffer	3	3	3	3	2	3
Flared gas Buffer (BCM)	0.074	0.046	0.054	0.042	0.057	0.274
Flare in RBY- Transition	12	12	12	11	18	20
Flared gas Transition (BCM)	0.112	0.120	0.140	0.134	0.153	0.661

Figura 2- Stima e distribuzione del gas flaring nella Regione Amazzonica Ecuatoriana e nella Riserva della Biosfera Yasuni. BCM= Billion cubic meters

L'analisi GIS dei volumi gas bruciato nel 2016 mostra come la maggior parte degli impianti sia di dimensioni medio-piccole (meno di 0.05 BCM di gas bruciato ogni anno), fra cui spiccano 4 siti con volumi combustibili maggiori. Di questi il maggiore si trova nel campo petrolifero denominato "Shushufindi" con una quantità stimata di gas bruciato pari a 0.081 BCM; mentre gli altri tre, con quantità di gas bruciato fra gli 0.052 e i 0.056 BCM si trovano nei campi petroliferi "Cuyabeno", "Auca" ed "Eden", gli ultimi due rispettivamente nell' Area di Transizione e nella Zona Nucleo della RBY.

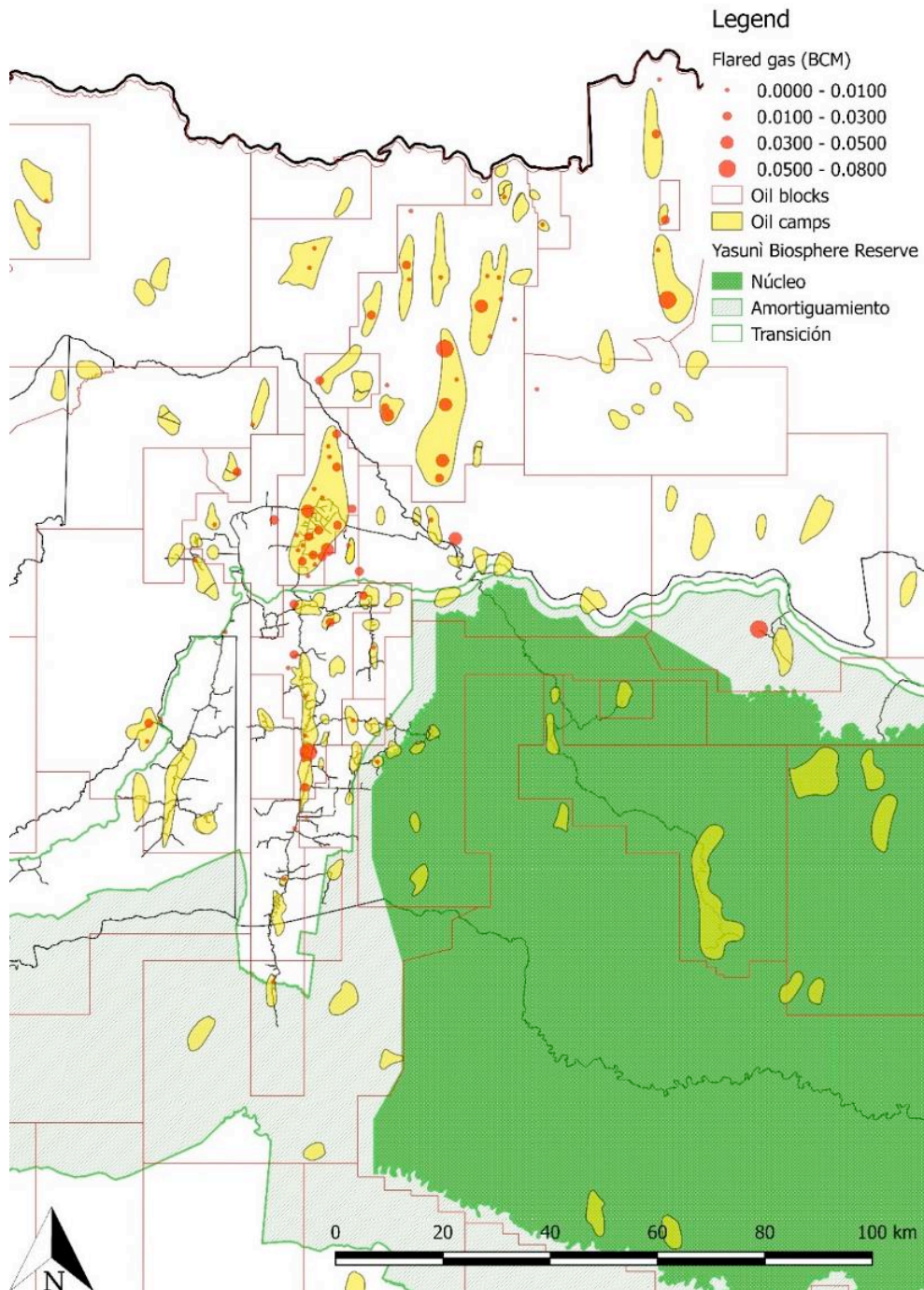


Figura 3 – Analisi spaziale dei volumi di gas bruciato nel processo di estrazione petrolifera nella Regione Amazzonica Ecuatoriana. BCM: Billion Cubic Meter

Conclusioni

I risultati di questo studio confermano che il gas flaring è pratica comune nella RAE.

Nonostante le dichiarazioni sia delle compagnie petrolifere che dalle istituzioni locali sull'utilizzo di tecnologie d'avanguardia e a basso impatto ambientale, fra cui il Ministero dell'Ambiente e quello dedicato all'Energia e agli Idrocarburi (Ministerio de Hidrocarburos, 2017; Petroamazonas EP, 2017) i dati estratti confermano che l'estrazione petrolifera si sta sviluppando all'interno della RBY con le normali metodologie adottate al di fuori, intaccando la zonizzazione UNESCO che definisce l'area di transizione come "la parte della riserva dove la maggiore attività è permessa favorendo uno sviluppo economico ed umano che sia socio-culturalmente ed ecologicamente sostenibile" (UNESCO, 2017).

Infine, questo studio evidenzia il potenziale dei dati satellitari e dell'analisi GIS per la mappatura e il monitoraggio indipendente del gas flaring in aree remote.

Bibliografia

- Anomohanran, O., 2012 "Thermal Effect of Gas Flaring at Ebedei Area of Delta State , Nigeria Ondo", *Pacific Journal of Science and Technology*, 13: 555–560.
- Arellano, P., Tansey, K., Balzter, H., Tellkamp, M., 2017, "Plant family-specific impacts of petroleum pollution on biodiversity and leaf chlorophyll content in the Amazon rainforest of Ecuador" *PLoS ONE*, 12(1): e0169867.
- Bass, M.S., Finer, M., Jenkins, C.N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D.F., McCracken, S.F., Pitman, N.C.A., English, P.H., Swing, K., Villa, G., Di Fiore, A., Voigt, C.C., Kunz, T.H., 2010, "Global conservation significance of Ecuador's Yasuní National Park", *PLoS ONE* 5(1): e8767.
- Bravo, E., 2007. Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad.
- De Marchi, M., Pappalardo, S.E., Codato, D., Ferrarese, F., 2015, "Zona Intangible Tagaeri Taromenane y Expansión de las Fronteras Hidrocarburíferas Miradas a diferentes escalas geográficas", CLEUP, Padova.
- Elvidge, C., Zhizhin, M., Hsu, F.-C., Baugh, K., 2013, "VIIRS Nightfire: Satellite Pyrometry at Night" *Remote Sensing*, 5: 4423–4449.
- Elvidge, C.D., Zhizhin, M., Baugh, K., Hsu, F.-C.C., Ghosh, T., 2015, "Methods for global survey of natural gas flaring from visible infrared imaging radiometer suite data" *Energies*, 9: 14.
- Ferrarese, F., Codato, D., De Marchi, M., Pappalardo, S.E., Finer, M., 2017. "High resolution satellite images for environmental monitoring of oil production in Western Amazon: the case of Yasuní National Park", *AGILE 2017*, Wageningen.
- Finer, M., Babbitt, B., Novoa, S., Ferrarese, F., Pappalardo, S.E., De Marchi, M., Saucedo, M., Kumar, A., 2015, "Future of oil and gas development in the western Amazon", *Environ. Res. Lett.*, 10: 024003.
- Hurtig, A.-K., Sebastián, M.S., 2004, "Incidence of Childhood Leukemia and Oil Exploitation in the Amazon Basin of Ecuador", *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 10: 245–250.

- Laurance, W.F., Goosem, M., Laurance, S.G.W., 2009, "Impacts of roads and linear clearings on tropical forests", *Trends in Ecology and Evolution*, 24: 659–669.
- Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., Bonaccorso, E., 2016, "Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: biodiversity vulnerability and conservation alternatives", *Ecology and Evolution*, 6: 4997–5012.
- McCracken, S.F., Forstner, M.R.J., 2014, "Oil road effects on the anuran community of a high canopy tank bromeliad (*Aechmea zebrina*) in the upper Amazon Basin, Ecuador", *PLoS ONE*, 9(1): e85470
- McGlade, C., Ekins, P., 2015, "The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C", *Nature* 517, 187.
- Pappalardo, S.E., De Marchi, M., Ferrarese, F., 2013. Uncontacted Waorani in the Yasuní Biosphere Reserve: Geographical Validation of the Zona Intangible Tagaeri Taromenane (ZITT). *PLoS ONE* 8, e66293.
- Petroamazonas EP, 2017. Campos Tiputini y Tambococha, Resumen Ejecutivo.
- Pohlman, C.L., Turton, S.M., Goosem, M., 2007. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. *Biotropica* 39, 62–71.
- Saheed Ismail, O., Umukoro, G.E., 2012, "Global Impact of Gas Flaring", *Energy and Power Engineering*, 4: 290–302.
- Seiyaboh, E.I., Izah, S.C., 2017, "A Review of Impacts of Gas Flaring on Vegetation and Water Resources in the Niger Delta Region of Nigeria", *International Journal of Economy, Energy and Environment*, 2: 48–55.
- Yusta-García, R., Orta-Martínez, M., Mayor, P., González-Crespo, C., Rosell-Melé, A., 2017, "Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers", *Environmental Pollution*, 225: 370–380.

Sitografía

- Ministerio de Hidrocarburos, 2017, "Ministro de Hidrocarburos habló sobre el desarrollo del ITT en medios de comunicación" Ministerio de Hidrocarburos del Ecuador, <https://www.hidrocarburos.gob.ec/ministro-de-hidrocarburos-hablo-sobre-el-desarrollo-del-itt-en-medios-de-comunicacion/>
- UNESCO, 2017, "Biosphere Reserves – Learning Sites for Sustainable Development" UNESCO Man and the Biosphere Programme. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>
- World Bank, 2017, "Zero Routine Flaring by 2030" World Bank <http://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030>