

Termoregolazione umana e l'art. 2 dell'Accordo di Parigi come norma di sicurezza corporea

di Michele Carducci

1. Si è soliti sostenere che esistano tre modi (tre euristiche) per osservare l'essere umano, le sue azioni e, quindi, anche quelli che noi denominiamo suoi "bisogni" e "diritti"¹.

Il primo modo è il socio-culturale. In esso, il soggetto è inquadrato nella sua dimensione relazionale con gli altri soggetti umani e con le proprie e altrui capacità corporee, materiali, intellettive e simboliche. Questa euristica identifica la base di tutti i discorsi giuridici sulla libertà personale, di pensiero e di autodeterminazione psico-fisica dell'individuo, e giustifica altresì le ragioni della ricerca sociale, psicologica e antropologica.

Il secondo modo è quello biologico-genetico, tipico delle scienze mediche e appunto biologiche, da cui sono scaturite le esigenze regolative del biodiritto e della bioetica.

Il terzo, infine, è quello economico-politico riferito agli interessi e alle conseguenti scelte, per sé e per altri, dell'individuo umano nelle relazioni con gli altri e con le cose (i "beni") esistenti: si tratta del campo praticato dagli economisti e dai giuristi.

Di queste tre euristiche si è notoriamente nutrito il costituzionalismo moderno e contemporaneo (si pensi, per tutti, al passaggio dal costituzionalismo liberale a quello sociale a quello pluriculturale), delineando altresì i contorni del diritto cosiddetto "ambientale", dato che quell'intorno (rubricato appunto come "ambiente") è servito e serve a incorniciare tutte e tre le dimensioni (socio-culturali, biologico-genetiche ed economico-politiche) dell'esistenza umana.

Tuttavia, la dimensione terrena dell'individuo umano non si esaurisce in un'entità dentro una cornice. È ormai pacifico che il corpo umano sia non solo

¹ Cfr. S. Allovio, L. Ciabbari, G. Mangiameli (a cura di), *Antropologia culturale. I temi fondamentali*, Milano, 2024, 11 ss.

biologico-genetico, ma anche, se non prima di tutto, termodinamico dunque bio-fisico².

In effetti, la bio-fisica umana investe due campi della realtà³: da un lato, quello della connessione del corpo biologico e sociale dell'individuo umano con la fisica del pianeta Terra e con le sue regolarità, scandite – a loro volta – dalle traiettorie di inerzia delle sfere del sistema climatico (litosfera, atmosfera, criosfera, idrosfera e biosfera); dall'altro, quello dell'incidenza proprio della dimensione umana socio-culturale, biologico-genetica ed economico-politica, sulle funzioni naturali regolate dalle suddette traiettorie di inerzia⁴.

Ecco perché risulta surreale qualificare l'essere umano come “entità” con proprie caratteristiche (solo) biologiche, genetiche, culturali, sociali, economiche, politiche, separate dall' ambiente e, in quanto tali, separatamente osservabili dall'ambiente⁵. Nella termodinamica del non equilibrio, l'essere umano è l'ambiente, nel senso di relazione bio-fisica con il pianeta Terra e le traiettorie di inerzia delle sfere del sistema climatico.

Certo, l'acquisizione cognitiva di questa intrinseca identità è abbastanza recente; e questo forse spiega la sua sottovalutazione nel mondo giuridico. Tuttavia, la sottovalutazione non ne legittima l'espunzione dalla cognizione del giurista⁶.

² In estrema sintesi, per biofisica si intende l'osservazione dei fenomeni biologici con i metodi utilizzati nelle scienze fisiche e con la conseguente considerazione delle grandezze fisiche (come corrente elettrica, temperatura, stress, entropia) nei sistemi biologici.

³ Dopo la scoperta della reazione chimica oscillante di Belousov-Zhabotinsky, si è preso atto della termodinamica del non equilibrio, ossia della constatazione che i sistemi termodinamici dipendono dalle macro-trasformazioni irreversibili del tempo. Questa acquisizione, applicata al corpo umano (che dal tempo ovviamente dipende con il suo invecchiamento), ha permesso di osservare l'essere umano appunto come sistema termodinamico di non equilibrio (cfr. D. Sagan, E.D. Schneider, *Into the cool. Energy Flow, Thermodynamics, and Life*, Chicago, 2006).

⁴ Questa bio-fisica è stata spiegata con il ricorso a diverse metafore scientifiche: da quella della “ragnatela”, proposta da Carl Sagan (in *Cosmo*, trad. it., Milano, 1980), a quella dell' “ordine implicito” di David Bohm (in *Wholeness and The Implicate Order*, London, 2002) a quella di Fritjof Capra del *Tao della fisica* (trad. it., Milano, 1989).

⁵ Per una serrata critica al concetto di “ambiente” in quanto euristica dell'estraniamento dell'essere umano dal sistema Terra, si v. M. Serres, *Il contratto naturale*, trad. it., Milano, 2019. Sulla sua funzione di legittimazione autoreferenziale del diritto, nonostante i fallimenti ecologici delle regole e decisioni giuridiche, cfr. N. Luhmann, *Comunicazione ecologica. Può la società moderna affrontare le minacce ecologiche?*, trad. it., Milano, 2021.

⁶ Sembrerebbe propendere per la (persistenza della) separatezza cognitiva del giurista, purtroppo verso il sistema della scienza non verso la termodinamica della Terra, la proposta

Il suo consolidamento si è avuto con l'istituzionalizzazione del paradigma delle "scienze del sistema Terra" (*Earth System Sciences*) all'interno dell'IPCC (il Panel Intergovernativo dell'ONU sul cambiamento climatico), dunque con il consenso formale degli Stati ad esso aderenti. La bio-fisica del corpo umano, pertanto, ha assunto anche una valenza politica (appunto di consenso politico degli Stati in sede IPCC), non esclusivamente scientifica.

Questa valenza, inoltre, ruota intorno ai cinque perni dell'osservazione bio-fisica del corpo umano, da cui sono scaturiti i c.d. "cinque motivi di preoccupazioni dell'umanità" sul cambiamento climatico⁷. Questi cinque perni sono così di seguito sinteticamente rappresentabili:

- il sistema Terra si comporta come un unico sistema autoregolato con componenti fisiche, chimiche, biologiche e umane;
- tutte le attività umane entrano nell'unica autoregolazione terrestre;
- l'autoregolazione terrestre e corporea non funziona come processo lineare di causa ed effetto, bensì come interazione e retroazione tra tutte le componenti della Terra;
- tutte le dinamiche del sistema Terra, incluso il corpo bio-fisico umano, sono caratterizzate da soglie critiche e cambiamenti anche improvvisi;
- il superamento delle soglie critiche attiva uno spostamento dell'autoregolazione al di fuori della gamma della variabilità naturale precedente.

di Fabrizio Fracchia ne *Il giurista deve tacere sul climate change ma deve irritarsi: problemi di confine e indicazioni metodologiche*, in *Riv. Quadr. Dir. Amb.*, 1, 2024, 39-52.

⁷ I cinque "motivi di preoccupazione" dell'umanità sul sistema Terra sono stati tematizzati, e pubblicati a partire dal 2001 con il consenso degli Stati, dal *Working Group II* dell'IPCC (con il c.d. *TAR*), dopo la constatazione del fallimento dell'obbligo indicato dall'art. 4 n. 2, lett. a), dell'UNFCCC, riferito ai paesi industrializzati (ovvero il ritorno, entro il 2000, ai livelli di emissione precedenti il 1990, con la conseguente concretizzazione di un mondo climaticamente stabile, sicuro e socialmente più giusto). Essi intendono fornire informazioni utili a determinare in che cosa consista concretamente la «*pericolosa interferenza di origine antropica*» sul sistema climatico, che l'UNFCCC ha l'obiettivo di eliminare e controllare nel tempo, in base all'art. 2. Le cinque tipologie di "preoccupazione" riguardano: gli ecosistemi unici e minacciati (compresi gli ecosistemi umani); la frequenza e severità degli eventi climatici estremi; la distribuzione globale e l'equilibrio degli impatti; le conseguenze economiche ed ecologiche totali; le transizioni improvvise e irreversibili su larga scala del corpo relazionale della Terra.

2. Per il corpo umano, il nucleo costitutivo della termodinamica del non equilibrio rimonta alla scoperta e misurazione dei meccanismi di termoregolazione del corpo umano⁸.

Com'è noto, la termoregolazione è il mantenimento della temperatura corporea interna, in un equilibrio fisiologico bilanciato tra generazione di calore e perdita di calore. Un individuo sano ha generalmente una temperatura corporea interna nella variabilità di $37\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e questo costituisce l'intervallo termico necessario per il corretto funzionamento dei processi metabolici del corpo.

Il corpo umano, quindi, funziona come un termostato che imposta il proprio *set point*, con l'effetto di regolare l'omeostasi umana ovvero la conservazione, in equilibrio dinamico⁹, delle funzionalità organiche al variare delle condizioni esterne dell'ambiente.

Alla fine degli anni Settanta del secolo scorso, come risaputo, il chimico inglese James Lovelock e la biologa americana Lynn Margulis formularono la cosiddetta "*ipotesi di Gaia*" (dal nome greco della dea della Terra), per spiegare che l'intero sistema terrestre, nell'interazione delle sfere del sistema climatico (litosfera, atmosfera, criosfera, idrosfera e biosfera) funziona anch'esso come un termostato con il proprio *set point*. Presenta, in poche parole, condizioni chimico-fisiche (temperatura media, percentuale di gas, acidità ecc...) simili a quelle del corpo umano e dunque idonee allo sviluppo e al mantenimento della vita. Dopo l'esperimento "*Miller-Urey*", che aveva dimostrato le origini a-biotiche della vita e la circolarità di inorganico e organico nei processi bio-fisici, la similitudine o, meglio, il parallelismo identitario tra (funzionamento del) corpo umano e (funzionamento del) corpo terrestre non poteva più essere messa in discussione; e questo non certo per ragioni "culturali" o "cosmologiche", bensì proprio per constatazioni fattuali, dato che, di fatto, il corpo umano si presentava parte del corpo terrestre, interagente con questo, in forza di omeostasi simili. Non a caso, alle conclusioni di Miller Urey ha fatto seguito la cosiddetta "*ipotesi del mondo a RNA*", ovvero l'osservazione di una prima fase di forme di vita, basate esclusivamente sull'RNA (acido ribonucleico), che precedono la formazione degli

⁸ Si pensi alle c.d. "*equazioni di Fanger*" sul confort termico delle persone.

⁹ Dove equilibrio dinamico significa proprietà di reazione reversibile alle sollecitazioni esterne, con un esito di annullamento, dunque di equilibrio, tra azione e reazione.

organismi viventi basati soprattutto sul DNA (acido desossiribonucleico)¹⁰. L'ontogenesi e la filogenesi, ipotizzate nell'Ottocento da Ernst Haeckel per rappresentare la linearità tra sviluppo individuale dell'embrione e sviluppo sociale della specie, secondo la c.d. "legge biogenetica", hanno ceduto il passo all'epigenetica, l'osservazione di tutte le modificazioni ereditabili dall'essere umano, provocate o trasmesse da condizioni ambientali esterne alle mutazioni genetiche e produttive di variazioni dell'espressione genica senza alterazioni della sequenza del DNA, quindi senza provocare modificazioni nella sequenza dei nucleotidi che lo compongono.

L'essere umano, da "soggetto" terrestre, ha scoperto progressivamente di risultare a tutti gli effetti un "oggetto" terrestre, una parte della "cosa" Terra, da cui si estranea e distingue come entità socio-culturale, biologico-genetica, economico-politica, ma non come relazione bio-fisica.

La sostituzione del concetto di "persona", con attorno il suo "ambiente", con quello di "esposoma", riferito all'individuo dipendente dal sistema Terra, sintetizza l'assunto¹¹.

Ognuno di noi, piaccia o meno, è un termostato dentro il termostato terrestre.

La biometeorologia, la bioclimatologia e la bioclimatologia medica confermano ineluttabilmente la conclusione¹².

3. Si spiega così la conclusione sull'aumento della temperatura media globale del pianeta come problema del corpo (*rectius*, termostato) umano. Con il rapido e costante riscaldamento globale antropogenico, gli effetti della termo-dipendenza dell' "esposoma" umano sono destinati ad aumentare in frequenza, durata e magnitudo, proprio in virtù dei cinque perni dell'osservazione bio-fisica.

In definitiva, sussiste una correlazione tra bilancio termico umano (individuale) e bilancio termico ambientale (*rectius*, terrestre), dove il secondo costituisce la variabile determinante del primo.

¹⁰ M. Ferus, F. Pietrucci, A.M. Saitta, S. Civiš, *Formation of nucleobases in a Miller-Urey reducing atmosphere*, in *PNAS*, 114 (17), 2017, 4306-4311.

¹¹ Cfr. R.C. Francis, *L'ultimo mistero dell'ereditarietà*, trad. it., Roma, 2011; S. Dagnino, A. Macherone (eds.), *Unraveling the Exoposome*, Cham, 2019.

¹² Si faccia riferimento, per l'Italia, al [BioMeteoLab](#) dell'Università degli Studi di Milano.

Tale constatazione, ormai definitiva nelle conoscenze mediche¹³, non solo smaschera la fallacia delle tesi sulla difficoltà/impossibilità di definire il nesso causale tra riscaldamento globale, cambiamento climatico e condizione umana, ma soprattutto comprova la conseguenza immediata e diretta, in senso termodinamico del non equilibrio, tra condizione terrestre e condizione termica di ciascun singolo individuo. Il che significa che il riscaldamento globale è un problema di danni e perdite individuali, non (solo) di danni e perdite collettive o diffuse. Non a caso, proprio gli studi epidemiologici hanno evidenziato pure l'inesattezza della tesi giuridica delle lesioni "a insorgenza lenta" o a "causazione infinitesimale"¹⁴, avendo ampiamente dimostrato l'«*impatto diretto e specifico*» del riscaldamento globale sulla temperatura corporea dei singoli individui¹⁵.

Invero, la figurazione della lesione "a insorgenza lenta" o "infinitesimale" risulta ancorata a una modalità di comprensione della fisiologia umana ormai superata, quella che Johannes Ranke denominava dei "dominanti", secondo cui la conoscenza di una forza perturbatrice della realtà corporea sarebbe possibile solo attraverso i suoi effetti¹⁶. Oggi nessuna osservazione della salute umana si appropria alla conoscenza del corpo attraverso solo gli effetti (basti pensare agli enormi sviluppi degli studi sul cancro e all'accettazione del principio sanitario della "prevenzione primaria"¹⁷). I concetti stessi di "determinanti" della salute e "costituenti" del benessere umano, definitivamente accolti dalla comunità internazionale con il *Millennium Ecosystem Assessment* dell'ONU¹⁸, certificano il superamento della vecchia visione del corpo umano e spiegano il costruito

¹³ D.J. Vecellio, R.M. Cottle, S.T. Wolf, W.L. Kenney, *Critical Environmental Limits for Human Thermoregulation in the Context of a Changing Climate*, in *Exercise, Sport, and Movement*, 1(2), 2023, articolo e00008.

¹⁴ Su questo profilo giuridico, si v. P. Femia, *Responsabilità civile e Climate Change Litigation*, in *Enc. Dir., I tematici VII: Responsabilità civile*, Milano, 2024, spec. 870-876.

¹⁵ Cfr., per esempio, K.R. Weinberger, D. Harris, K.R. Spangler, A. Zanobetti, G.A. Wellenius, *Estimating the number of excess deaths attributable to heat in 297 United States counties*, in *Environmental Epidemiology*, 4(3), 2020, articolo e096.

¹⁶ J. Ranke, *Grundzüge der Physiologie des Menschen* (1868), Frankfurt a.M., 2020.

¹⁷ Chiarito da René Dubos (*Il Dio interno*, trad. it., Milano, 1977) e ufficializzato dalla *Conferenza Internazionale sull'Assistenza Sanitaria Primaria* tenutasi nel 1978 ad Alma-Ata, in Kazakistan.

¹⁸ Cfr. [Millennium Ecosystem Assessment](#).

dell'«*impatto diretto e specifico*» del riscaldamento globale sulla temperatura corporea dei singoli individui¹⁹.

Spiegano anche perché lo stesso corpo umano sia qualificato come “evento”, in quanto tassello, porzione del continuo spazio-temporale del sistema terrestre. Anche questo concetto di “evento” ha una storia antica, ampiamente trascurata dal discorso giuridico. Esso fu chiarito già nel 1916 da Einstein, nel paragrafo 27 della sua *Teoria speciale e generale della relatività*²⁰, per essere poi ripreso, nel 1920, da Whitehead, con la definizione di “punto” di un unico sistema spazio-temporale²¹. In sostanza, l'evento bio-fisico non è ciò che accade in un determinato momento in un determinato spazio, come presupposto, invece, dalle categorie giuridiche: è ciò che è nello spazio tempo; sicché anche il corpo, come termodinamica del non equilibrio dell' “esposoma” soggetto umano, è “evento”.

Il primo paragrafo dell'art. 8 dell'Accordo di Parigi del 2015, lì dove parla di «*eventi lenti a manifestarsi*», non a caso non aggettivati come “meteorologici” (a differenza della prima parte dell'enunciato), è comprensibile solo dentro questa lente bio-fisica.

Diventa, allora, sempre più nitida la presa d'atto dell'inattualità delle categorie della causalità giuridica e del tempo lineare della regolarità solo umana, per esempio così come disegnate dall'art. 1223 Cod. civ., di fatto eredi della fisiologia dei “dominanti”, non certo della termodinamica dei “determinanti” e dei “costituenti”²².

4. Nel 2023, l'IPCC, sempre con il consenso degli Stati in sede di *Synthesis Report*, accoglie definitivamente la prospettiva della termoregolazione umana, sintetizzandone i contenuti nella formula “*Warming*” (del Pianeta)-“*Heating*” (del corpo umano)²³.

¹⁹ Com'è noto, i concetti di “determinanti” della salute e di “costituenti” del benessere umano ereditano gli sviluppi della fisica, che hanno segnato il tracollo della nozione di causa a favore di quelle di condizione, distinzione e azione riflessa (cfr. i relativi lemmi in N. Abbagnano e G. Fornero, *Storia della filosofia. Dizionario di filosofia*, vol. 10, Novara-Roma, 2006).

²⁰ In trad. it. a cura di Zanichelli, Bologna, 1921.

²¹ A.N. Whitehead, *Il concetto di natura*, trad. it., Potenza, 2020, cap. V.

²² Al contrario, le argomentazioni della Corte europea dei diritti umani intorno al contenuto evolutivo dell'art. 8 CEDU, elaborate nel celebre caso “*Verein KlimaSeniorinnen*” del 9 aprile 2024 (ricorso [53600/20](#)), sembrano proiettate sulle evidenze attuali (per es., con riguardo agli *Heatwaves*).

²³ Cfr. [AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023](#).

L'accettazione "politica" del paradigma scientifico segue alla scoperta del superamento sempre più prossimo delle soglie di sicurezza corporea della specie umana, almeno su due fronti di "eventi" bio-fisici: quello della degenerazione termoregolatoria individuale²⁴; e quello dell'espulsione umana dalle (nuove) "nicchie climatiche", che stanno diffondendosi sul pianeta²⁵.

In pratica, limiti ambientali critici sono ormai dati dalla corrispondenza tra soglie termoregolatorie individuali e soglie terrestri, dentro un comune "*margini di sicurezza termica*", non violabile se non peggiorando la condizione umana e terrestre²⁶.

Appare allora evidente come, in forza della nostra identità bio-fisica di "esposomi", l'art. 2 dell'Accordo di Parigi, nell'individuare il limite massimo di aumento della temperatura media globale del pianeta (+ 2°C rispetto ai livelli preindustriali), funga pure da fonte di riconoscimento dei limiti ambientali critici terrestri e, di riflesso, da norma di sicurezza corporea di ciascun individuo umano in quanto "evento" (bio-fisico) del pianeta stesso.

Negarlo non sembra più plausibile. Continuare a sottovalutarlo diventerebbe irresponsabile.

²⁴ Cfr., da ultimo, R.D. Meade, F.K. O'Connor, B.J. Richards, G.P. Kenny *et al.*, *Validating new limits for human thermoregulation*, in *PNAS*, 122 (14), 2025, articolo e2421281122.

²⁵ Cfr. T.M. Lenton, C. Xu, J.F. Abrams, A. Ghadiali *et al.*, *Quantifying the human cost of global warming*, in *Nature Sustainability*, 6, 2023, 1237-1247.

²⁶ J.M. Sunday, A.E. Bates, M.R. Kearney, R.K. Colwell *et al.*, *Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation*, in *PNAS*, 111(15), 2014, 5610-5615.