

Tropical Climate Influences Affects, Sensation of Fatigue and Environmental Perceptions
(*El clima tropical influye sobre los afectos, la sensación de fatiga y las percepciones del medio ambiente*)

Nicolas Robin, Stéphane Sinnapah, Olivier Hue, and Guillaume R. Coudeville
Université des Antilles

(Received 17 December 2018; accepted 16 December 2020)

ABSTRACT

The current experimental study evaluated how a tropical climate (i.e., wet and hot environment) influences positive and negative affects, sensation of fatigue and environmental perceptions (i.e., comfort and thermal sensations). A convenience sampling of students (30 females and 30 males, $M_{age} = 21.94$ years, age range: 19-28 years) who lived all the year in the French West-Indies, performed two conditions in Tropical Climate (TC) and in Neutral Climate (NC), counterbalanced. During each climate condition, they completed the Positive and Negative Affect Schedule and a questionnaire evaluating feeling of fatigue, thermal and comfort sensations. This original study revealed that TC reduces positive affect (PA) scores, whereas no significant statistical difference was revealed for negative affect (NA). In addition, participants revealed lower thermal, and comfort sensations, and a greater feeling of fatigue, in TC than in NC. These results are in line with the suggestion that TC can negatively influence subjective states compared with a temperate climate. Moreover, TC could also have a potential fatigue-enhancing effect and negatively influences comfort sensations. The impact of TC on affective states is discussed.

KEYWORDS

Affective state, fatigue, thermal sensation, comfort sensation, tropical environment.

RESUMEN

El presente estudio experimental evaluó cómo el clima tropical (esto es, un clima húmedo y cálido) influye sobre los afectos positivos y negativos, la sensación de fatiga y las percepciones del medio ambiente (esto es, confort y sensación térmica). Se asignó equilibradamente en dos condiciones de Clima Tropical (CT) y Clima Neutral (CN) a una muestra de conveniencia compuesta por estudiantes (30 mujeres y 30 hombres, $M_{edad} = 21.94$ años, rango de edad: 19-28 años) que viven todo el año en las Antillas francesas. Durante cada condición climática completaron el Programa de Afectos Positivos y Negativos (*Positive and Negative Affect Schedule*) y un cuestionario que evaluaba la sensación de fatiga, y las sensaciones térmicas y de confort. Este estudio original mostró que el CT reduce las puntuaciones de afecto positivo (AP), mientras que no se encontraron diferencias significativas para el afecto negativo (AN). Además, los participantes mostraron sensaciones térmicas y de confort más bajas, y una mayor sensación de fatiga, en CT que en CN. Estos resultados apoyan la idea de que el CT puede influir negativamente sobre los estados subjetivos en comparación con un clima templado. Además, el CT podría también ejercer un efecto de aumento de la fatiga, e influye negativamente sobre las sensaciones de confort. Se discute el impacto del CT en los estados afectivos.

PALABRAS CLAVE

Estado afectivo, fatiga, sensación térmica, sensación de confort, ambiente tropical.

Translation from English/ *Traducción del inglés*: Miguel del Río

CONTACT Nicolas Robin, Université des Antilles, Laboratoire "Adaptation au Climat Tropical, Exercice & Santé" (UPRES EA 3596), Campus Fouillole, BP 592, 97159, Pointe à Pitre Cedex, Guadeloupe, France. E-mail: robin.nicolas@hotmail.fr

According to Kosonen and Tan (2004), the thermal environment is one of the most important climate factors influencing human performance. Indeed, it was recently shown that passive hyperthermia induced additional cognitive load during cognition (Gaoua et al., 2018). However, most researches investigated the influence of heat alone but not the consequences of heat combined with a high level of relative humidity (Coudevylle et al., 2020), which is found especially in Tropical Climate (TC). According to Robin, Coudevylle, Hue, and Sinnapah (2017), TC is characterized by a hygrometry level exceeding 80% relative humidity ($\pm 10\%$ rH) and a temperature of around 30°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) during the day. It concerns millions of people (Robin & Coudevylle, 2018), living for example in the Caribbean (e.g., Guadeloupe, Martinique, Cuba), Central America (e.g., Costa Rica, Panama), South America (e.g., Guyana, Brazil), Africa (e.g., Cameroun, Senegal), or Asia (e.g., Vietnam, Thailand, Japan), and could affect even more people given the context of global warming (Hulme & Viner, 1998). TC can be considered as an environmental stressor that can influence performance as aerobic (Hue, 2011), mental rotation (Robin et al., 2017) or imagery ability (Robin et al., 2020), but the influence of TC on subjective states of people living in this climatic environment remained unclear.

Nevertheless, it is recognized that environmental condition, including hygrometry and ambient temperature, can influence subjective states as thermal comfort, fatigue and affects (Gaoua, 2010). The affects cover feeling, emotion and mood factors such as pleasurable engagement or anger and aversion (Watson, 1988) that one can feel in a situation or in a specific environment. For assessment of current affective states, the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) is the most widely used scale developed and validated by Watson et al. (1988). The PANAS is a pencil-paper, reliable and valid instrument designed to evaluate positive (PA) and negative affects (NA). PA, which are related to social activity and satisfaction (e.g.,

how a person feels enthusiastic), are conceptualized as a continuum with high PA indicating an optimal state of energy, full concentration, and pleasurable engagement, whereas sadness and lethargy characterize a low PA (Villodas et al., 2011). In contrast, NA are assimilated to unpleasurable engagement (e.g., fear or nervousness), with low NA being a state of calmness and serenity (Watson et al., 1988). The PANAS has been translated in French and then validated by Lapierre, Gaudreau, and Blondin (1999). The effect of the environmental temperature on PA and NA has not been often studied. However, the impact of this parameter on cognitive performance is well known (for a review, see Gaoua, 2010). Thermal stress is usually related to a decrease in performance in many tasks (Qian et al., 2015; Robin et al., 2017; 2020). Gaoua et al. (2012) suggested that the subjective state of people could be the main factor influencing cognition in the heat. They revealed that while performance was not affected for simple cognitive tasks, for more difficult cognitive tasks performance was significantly lower in the hot environment. Moreover, participants had more NA in a hot environmental condition than in neutral condition (without change for the PA). Heat stress in hot experimental conditions (50°C, 50% rH), as in Gaoua et al. (2012) study, influences subjective states. We may hypothesize that another “hot” but more ecological environment as TC could also influence PA and NA but not necessarily in the same way due to acclimatization (Hwang & Chen, 2007). Indeed, the latter authors showed that residents of Taiwan appeared to be more tolerant of the environmental condition (i.e., hot and humid climate) than people living in temperate zones (Hwang & Chen, 2007) because they were acclimatized to the TC. More recently, Wijayanto et al. (2017) revealed that people who were non-acclimatized to TC reported having more negative feelings and found the environmental conditions warmer and less comfortable than those who were acclimatized to TC. Finally, Watson and Clark (1994), using a dozen large data sets (with samples ranging from 289 to 1.657

participants), observed few consistent gender-related significant differences in affective states. For practical purposes, the performance influence of gender on PANAS scores can be ignored (Crawford & Henry, 2004).

Thermal comfort/discomfort can be considered as the condition of mind that expresses satisfaction or dissatisfaction with the environmental condition which is generally evaluated by sensation scale (Xiong et al., 2015). Numerous works on motor performance showed that TC can be particularly disabling and increases thermal discomfort (Hue, 2011). The adaptive model of thermal comfort predicts that individuals become adapted to the environmental condition (heat and hygrometry) to which they are most exposed (de Dear & Brager, 1998). Indeed, Wijayanto et al. (2017) showed that participants acclimatized to TC were more resistant to performance losses during heat stress than non-acclimatized participants. As the result of an acclimatization process, people can physiologically better tolerate a stressful environment (Lee et al., 2011) and maintain a “higher level of use of cognitive resources” during a task (Robin et al., 2020). Finally, Sawka et al. (2015) reported that in addition to improving thermal comfort, acclimatization to heat stress can slow the onset of fatigue in hot environments.

Environmental conditions, including hygrometry or ambient temperature have a large influence on fatigue and performance in exercising individuals (Hue, 2011). However, apart from physical activity research (for a review, see Nybo, 2008), the influence of hot and wet climate on fatigue, and more particularly on mental fatigue is not well known. According to Boksem (2008), mental fatigue refers to the feeling experienced by people in everyday life (e.g., after prolonged activity) and that generally involve exhaustion, tiredness or aversion to continue an activity and a decrease in the level of commitment to the task at hand (Meijman, 2000). Moreover, mental fatigue involves changes in mood (Desmond & Hancock, 2001) and has been

associated with impaired cognitive and behavioral performance (Lorist et al., 2005). For example, Van der Linden and Eling (2006) observed that fatigue induces difficulties in attentional process, planning, and strategy adaptation to negative outcomes. Moreover, Lan et al. (2011) showed that participants were less able to perform their work and felt more fatigue in hot (i.e., 30°C) and dry (i.e., 22% rH) than in neutral (i.e., 22°C) and dry (i.e., 21% rH) conditions. Therefore, as suggested by Robin et al. (2018), a fatigue subjective estimation would permit to better evaluate the influence of TC on psychological factors and especially cognition.

Because most research has been conducted under artificial hot environmental conditions (e.g., climatic chamber) and with non-acclimatized people, this study aimed at evaluating, in ecological condition (i.e., class room), the influence of a Tropical Climate (TC) on feeling of fatigue, thermal comfort, and affects in people living all year round in this environmental condition.

Objectives

The aim of the current study was to evaluate how a TC (i.e., hot and wet climate) influences positive and negative affects, sensation of fatigue and environmental perceptions.

Hypotheses

In line with Wijayanto et al. (2017), we hypothesized that due to acclimatization to the tropical climate, (1) the negative affects of the participants of this study should be little or not influenced by TC. In addition, in line with Qian et al. (2015) who reported that a hot environment can have a potential fatigue-enhancing effect, we hypothesized that (2) TC should increase feeling of fatigue and (3) decrease positive affect, which corresponds in particular to feeling active or enthusiastic. Moreover, in line with Lan et al. (2011), we hypothesized that (4) participants would express higher thermal discomfort in TC than in Neutral Climate (NC). Finally,

correlation analyses were carried out, on an exploratory basis, in order to check the consistency of the results. As such, it is hypothesized that, in TC, (5) feeling of fatigue would be negatively related to thermal comfort.

Method

Participants

A convenience sampling of sixty Guadeloupian citizens (30 females and 30 males, $M_{age} = 21.94$ years, $SD = 2.13$ years, age range: 19-28 years), volunteered (see Table 1 for the physical characteristics of the participants), was used in the current study. All the participants were recruited from “Université des Antilles” where few classrooms except the amphitheatre are air-conditioned and it is possible that it could affect the users who are mainly students, which explained the choice of this population in this study. The participants provided written informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki (1964). The current study was approved by the University ethics committee.

Insert Table 1

Instruments and/or Measures

The participants fulfilled the French version of the PANAS (Lapierre et al., 1999), indicated their feeling of fatigue, thermal and comfort sensations and knew that their answers were confidential and anonymous. The PANAS consists of 10 PA (i.e., active, alert, attentive, determined, enthusiastic, excited, inspired, interested, proud, and strong) and 10 NA (i.e., afraid, ashamed, distressed, guilty, hostile, irritated, jittery, nervous, scared, and upset) states whose intensity is evaluated on a 5-point scale (from 1 ‘very slightly’ to 5 ‘very much’). We took care of

stipulating that the answers to questionnaires were totally confidential and anonymous. Besides, at no time was it stated that the results of this experiment could augur any skill level (see Coudevylle et al., 2015). As illustrated on Figure 1, feeling of fatigue (Samn & Pirelli, 1982), thermal and comfort sensations (Périard et al., 2014), were recorded on three 7-point scales. The feeling of fatigue scale ranges from 1 ‘not at all tired’ to 7 ‘totally tired’, the thermal sensation scale ranges from 1 ‘very cold’ to 7 ‘very hot’ and the comfort sensation scale ranges from 1 ‘very comfortable’ to 7 ‘very uncomfortable’ (see Coudevylle et al., 2020 or Robin et al., 2019, for similar procedures).

Procedure

All participants filled out the questionnaires twice, with a two-week interval between both assessment sessions, one in artificial NC (mean temperature = 24.16°C, and hygrometry = 45.5 % rH) using an air conditioning system and one in ecological TC condition (mean temperature = 30.97°C and hygrometry = 72.5 % rH) in a randomized order (for similar procedure see Coudevylle et al., in press). Temperature and hygrometry were measured with a thermohygrometer Fisherbrand (hygrometry precision $\pm 5\%$ rH ; temperature precision $\pm 0.1^\circ\text{C}$ or 3.4°F).

Each session, which lasted about one hour, was performed at the same time of the day (10:00 am) in the same rectangular University classroom (5×7 meters) in which the ambient light was artificial and strictly the same (fluorescent light 4000 K). One hour before each session, the experimenter prepared the experimental conditions and monitored the temperature and hygrometry. In order to minimize the possible effect of participant unwillingness to be exposed to prolonged heat and humidity (Gaoua et al., 2012), participants in groups of 15 rested in a seated position for 30 min before starting the answering of the subjective state questionnaires,

which were presented to them by means of an audio file, for about 10 min.

Insert Figure 1

Data Analysis

For each participant, mean negative and positive affect dimensions of PANAS, feeling of fatigue, comfort and thermal sensations were assessed. We submitted the dependent variables to one way, with repeated measures, ANOVAs using the temperature conditions (TC vs. NC) as a within-participants factor. In addition, the dependent variables were submitted to correlational analyses in each temperature condition (i.e., TC and NC). Normality was checked (Kolmogorov-Smirnov test), effect sizes (η_p^2) were indicated for the ANOVAs, and α was set at .05 for all the analyses.

Results

Positive and Negative Affects

As illustrated on Figure 2, the ANOVA for PA revealed a significant main effect of temperature conditions [$F(1, 58) = 23.13, p < .01, \eta_p^2 = .28$] and post-hoc Newman-Keuls test revealed that PA scores were lower in TC than in NC.

Analyses for NA did not reveal any significant main effect of temperature condition [$F(1, 58) = 0.69, p = .41$]. A summary of PA and NA analyses can be found in Table 2.

Insert Figure 2 and Table 2 here

Feeling of Fatigue, Comfort and Thermal Sensation

The ANOVAs revealed significant effects of temperature conditions on feeling of fatigue [$F(1, 58) = 9.39, p < .01, \eta_p = .14$], comfort sensation [$F(1, 58) = 307.9, p < .01, \eta_p = .84$], and thermal sensations [$F(1, 58) = 315.4, p < .01, \eta_p = .85$]. Newman-Keuls tests revealed that feeling of fatigue (Figure 3 [a]) and thermal sensation (Figure 3 [c]) were higher, and comfort sensation (Figure 3 [b]) was lower, in TC than in NC.

Insert Figure 3 here

Correlational Analysis in Neutral Climate

The analysis revealed a significant negative correlation between PA and thermal sensation (Table 3) in NC.

Insert Table 3 here

Correlational Analysis in Tropical Climate

The analysis revealed significant negative correlations between PA and feeling of fatigue; and between feeling of fatigue and thermal comfort in TC. In addition, significant negative correlations were reported between thermal comfort and thermal sensation, and between PA and NA (Table 4).

Insert Table 4 here

Discussion

The aim of this original study was to examine whether TC influences subjective states of people acclimatized to this environment. As hypothesized, the results showed that the NA of the participants were not influenced by TC (1), that this hot and wet environment increased the feeling of fatigue (2) and decreased thermal comfort and positive affect (3 and 4) in comparison with a neutral climate. Finally, (5) feeling of fatigue was negatively correlated to thermal comfort.

The main result obtained in this study showed significant differences in PA between TC and NC. The decrease of PA scores in TC could be explained by the stress induced by the TC solicited “mental resources” (Hocking et al., 2001) that are not solicited in NC. In this line, investigating the effect of passive heat exposure on cognitive performance, Wijayanto et al. (2013) showed greater increases of oxyhemoglobin changes in prefrontal cortex area during a task performed in heat condition suggesting an effort or recruitment of available neural resources by participants to perform the the task at the same level of performance as when they felt thermally comfortable. In addition, according to Watson et al. (1988), PA is related to social activity, satisfaction and to the frequency of pleasant events. Therefore, the fact that the participants had lower PA in TC than in NC could also be explained by the fact that it was more pleasant, for them, to be in NC. Indeed, the results on comfort and thermal sensations showed that participants felt hotter and less comfortable in TC than in NC. The results obtained in the current study confirm those of Lan et al. (2011) who observed lower thermal comfort and mental performance at 30°C than at 22°C and those of Hue (2011) who showed higher discomfort in TC. More research is needed to evaluate if subjective states (e.g., positive affects or thermal comfort) could influence cognitive abilities in TC.

Contrary to PA, there was no significant NA difference between NC and TC. This result is not in accordance with Gaoua et al. (2012) study in which participants (all lived in NC year-round) expressed more NA after a brief exposure to a very hot environment than in neutral conditions. Wijayanto et al. (2017) recently reported that people who are not acclimatized to “heat” find the environmental conditions warmer and less comfortable, and report having more negative affects than acclimatized people, which seems to be consistent with the results obtained in this study. Moreover, the difference between the results of the current study and those obtained in Gaoua and collaborators study could also be explained by unsimilar environmental conditions. In this experiment, the temperature in NC and TC was chosen in order to correspond to local environmental conditions in classrooms. However, there is about 20°C difference between our “ecological” condition: TC (31°C) and the hot artificial condition (50°C) obtained in climatic chamber and used in Gaoua et al. (2012) study. On the basis of the alliesthesial effect, the latter authors suggested that the feeling of displeasure caused by the rapid increase in the temperature of the skin (3.3°C) is a factor that can explain why subjects experienced more NA in this very hot condition. The fact that skin temperature was not measured in the current study could be considered as a constraint but such an increase seems to be improbable as confirmed by Lan et al. (2011).

On the other hand, as proposed by Villodas et al. (2011), low score on the NA scale denotes calmness and serenity which can be understood for people who live all the year in TC as an effect of acclimatization. Indeed, it is fairly easy to understand that people living all the year in a hot and wet climatic environment would not obtain high scared, nervous or shameful NA scores in TC. In line with the adaptive model of thermal comfort, de Dear and Brager (1998) proposed that people adapt to the environmental condition (e.g., heat and hygrometry) to which

they are frequently exposed. According to Gaoua (2010), heat acclimatization improves the physiological responses to hot thermal condition and can avoid the risk of cognitive disturbances (Coudevylle et al., 2019). However, it is important to remind that few studies evaluating psychological responses in the heat indicate the acclimatized state of the participants. Wijayanto et al. (2017) showed that participants acclimatized to TC were more resistant to performance losses during heat stress than non-acclimatized participants. Acclimatization to TC is accompanied by physiological adaptation (Lee et al., 2011) that seems to favor better tolerance to this stressful environment. Moreover, Robin et al. (2020) suggested that acclimatization also allows to maintain a “higher level cognitive resources” use in mental task. In addition, Hwang and Cheng (2007), who investigated subjective thermal responses and comfort perception in offices in Taiwan (characterized by a hot and humid climate), showed that tropical native participants have a tolerance toward hygrometry due to acclimatization to a high level of relative hygrometry.

Relative humidity is a variable that has attracted little attention in the thermal stress literature but seems to be an important factor to be considered. For example, Vasmatzidis et al. (2002) observed that, at about 34°C, a high level of rH (about 71%) had more negative influence on time-sharing performance than a lower level of about 30% rH. A similar result was obtained by Pepler (1958) who tested tracking performance under low (20% rH) and high (80% rH) conditions, each performed at different environmental temperatures (i.e., 22, 26, 29 or 34°C). The author showed that a high level of relative humidity was deleterious to cognitive task performance from 22°C while a decrease in performance was observed at higher temperatures (e.g., 29°C) in low level of relative humidity. Because there was a considerable difference between NC (about 46% rH) and TC (about 71% rH), due to the air conditioning, it is possible

that hygrometry influenced participants' affect (i.e., reduction in PA scores) in this study. Further studies should evaluate the effects of relative humidity on PA and NA. For example, by comparing our results on PANAS with those obtained at about 30°C and with a low level of hygrometry (30%) in a climatic chamber, it should be possible to distinguish between the influence of heat stress and relative humidity on subjective states and feeling of fatigue.

Feeling of fatigue is another factor that could influence affect (Qian et al., 2015; Nybo, 2008), self-handicapping strategies (Coudevylle et al., 2015) and could decrease the desire to continue an activity or the level of commitment to a given task in progress (Meijman, 2000). The results of the current study revealed that feeling of fatigue was lower in NC than in TC and was negatively correlated to PA. These results are consistent with Qian and collaborators (2015) who suggested that heat stress has a potential fatigue-enhancing effect and Lan et al. (2011) who reported that the participants were less willing to exert effort while performing tasks in a 30°C environment in comparison with a cooler environment (i.e., 22°C). We may propose that TC decreases the enthusiastic, active, and alert feelings of a person reflected by low PA scores in TC in comparison with high PA scores in NC. In line with Villodas et al. (2011), we could presume that, in NC, participants would benefit from an optimal energy state, full concentration, and pleasurable engagement in the task. On the contrary, TC seems to increase mental fatigue, which could induce deterioration in cognitive functioning such as attentional processes, planification or the choice of adapted strategies (Van der Linden & Eling, 2006). Finally, the negative correlation between sensation of fatigue and thermal comfort in TC seems to indicate that this climate can be considered as an environmental stressor in people, even in those who are acclimatized (Robin et al., 2020), probably due to the cumulative effect of two stressors (i.e., heat and high level of relative humidity).

Limitations of this Study

The use of only one scale for fatigue estimation (as in Samn & Pirelli, 1982) is a limitation, and further research using more complex multifactorial fatigue subjective estimations is needed, such as the questionnaire developed by Tanabe and Nishihara (2004). In addition, this study used a small sample, which can be considered as another limitation for generalization.

Perspectives of Research

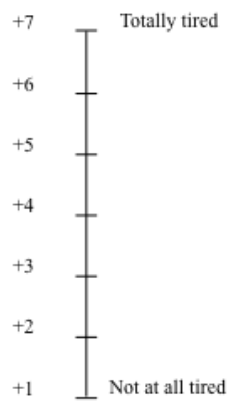
If hygrometry is a necessary variable to take into account in TC, it appears also interesting, for future studies, to integrate other characteristics such as atmospheric pressure, natural ventilation, sunshine, and nature and size of vegetation, that can influence comfort in urban areas (Adolphe, 2009; Amphoux, 1990; Laurentin, 1997). Finally, to better understand the influence of TC, future research should use more dependent variables such as various simple and complex cognitive tasks and motivational components.

Conclusion

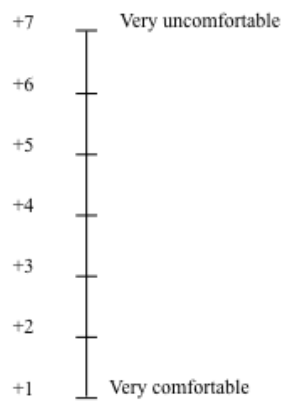
This study highlights the influence of TC on subjective states and more precisely on PA and NA in students who live all the year in TC by comparison with other studies, and highlighting the effect of acclimatization. The results showed significant differences in PA, but not in NA, between TC and NC. These results need to be confirmed before drawing conclusion about the influence of TC on subjective states as positive and negative affects. As participants were acclimatized to TC, they appeared to be more tolerant to this climate and experienced less NA. However, the fact that PA scores were negatively affected by TC raises the question of its impact on students' learning, memory, or reasoning. In line with the results of this experiment, with the literature, and in the context of global warming, we can propose that, in schools and universities located in places with hot environmental conditions, it is preferable to study in air conditioning

or naturally ventilated classrooms than in hot and wet climatic conditions in order to reduce feelings of fatigue, thermal discomfort and cognitive performance decrement. More research will be carried out in our laboratory to evaluate the influence of different levels of hygrometry on subjective states, cognition and motivation.

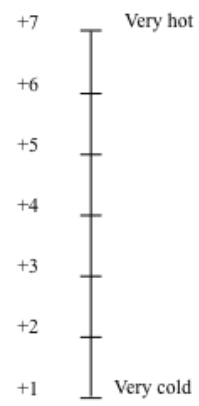
Figure 1. Rating scales



(A) Feeling of fatigue



(B) Comfort sensation



(C) Thermal sensation

Figure 2. PANAS measures. Positive and Negative affect averages in Tropical Climate (TC, black bars) and Neutral Climate (NC, white bars) condition. I-beams indicate the 95% confidence intervals for the mean values. * Significant difference by ANOVA: $p < .05$; NS: Not Significant.

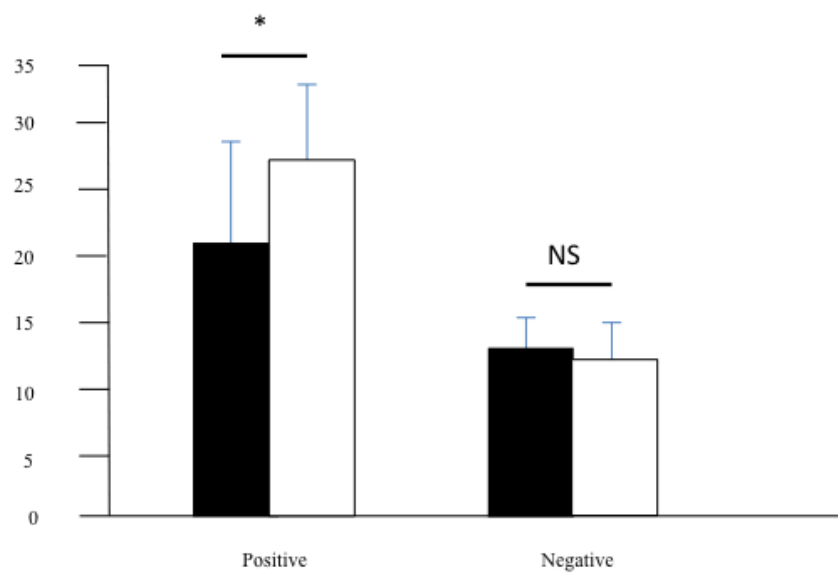


Figure 3. Feeling of fatigue (a), comfort (b), and thermal (c) sensations scores in Tropical Climate (TC, black bars) and Neutral Climate (NC, white bars) condition. I-beams indicate the 95% confidence intervals for the mean values. * Significant difference by ANOVA: $p < .05$.

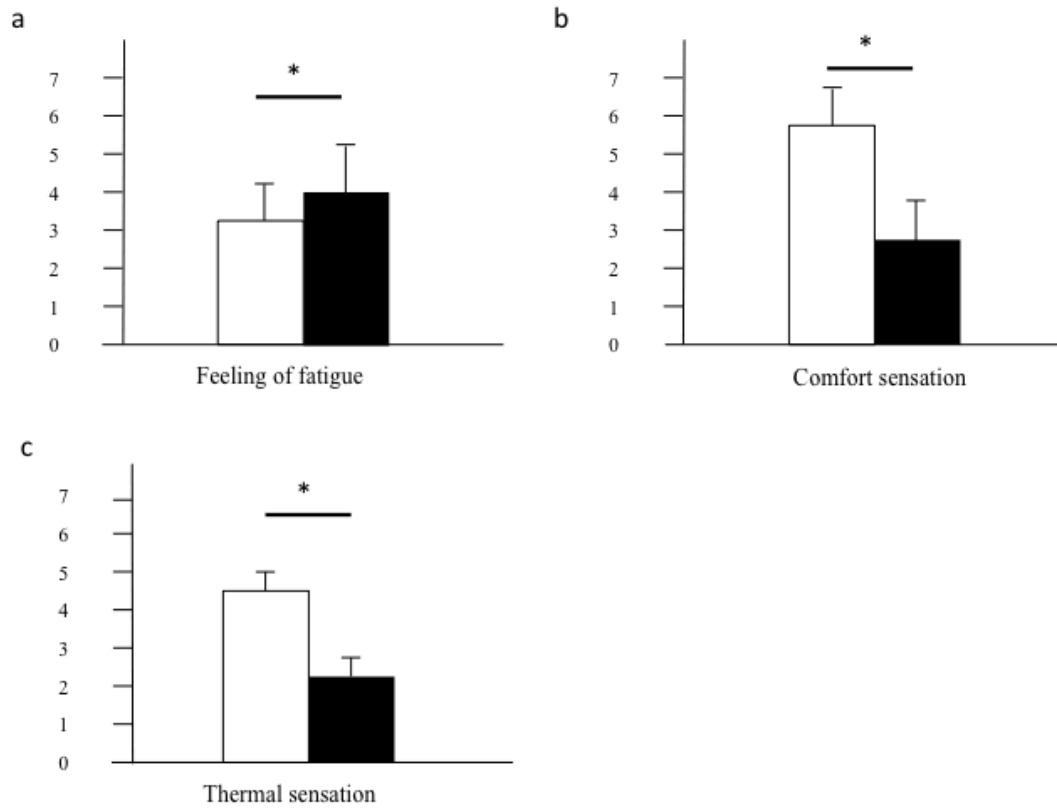


Table 1. *Physical characteristics*

Gender	Height (cm)		Body mass (kg)		Body surface area (m ²)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Female (N=30)	169.70	4.72	68.81	5.76	1.79	0.87
Male (N=30)	178.01	6.97	76.53	10.21	1.94	0.15

Note. Height is in centimeter (cm), Body mass is in kilograms (kg), Body surface area is in square meter (m²), *M* = mean, *SD* = standard deviation.

Table 2. *Positive affect and negative affect in function of environmental condition summary scores*

Affect	NC		TC	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
PA scores	25.77	6.83	21.05	7.97
NA scores	11.84	2.54	12.46	2.69

Note. PA = Positive Affects; NA = Negative Affects; NC = Neutral Climate; TC = Tropical Climate, *M* = mean PA and NA scores, *SD* = standard deviation.

Table 3. Correlations between the study variables in neutral climate

	1	2	3	4	5
Feeling of fatigue		-.22	.02	-.10	.24
Thermal comfort			-.15	.23	.08
Thermal sensation				-.34***	-.06
Positive affects					.17
Negative affects					

Note. *** $p < .01$

Table 4. Correlations between the study variables in tropical climate

	1	2	3	4	5
Feeling of fatigue		-.30*	.03	-.28*	.17
Thermal comfort			-.48***	.08	-.02
Thermal sensation				.04	.14
Positive affects					-.39***
Negative affects					

Note. * $p < .05$; *** $p < .01$

El clima tropical influye sobre los afectos, la sensación de fatiga y las percepciones del medio ambiente

De acuerdo con Kosonen y Tan (2004), el ambiente térmico es uno de los factores climáticos con mayor influencia sobre el rendimiento humano. En efecto, recientemente se demostró que la hipertermia pasiva aumentaba la carga cognitiva (Gaoua et al., 2018). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado únicamente sobre la carga térmica, pero no sobre las consecuencias del calor en combinación con un alto nivel de humedad relativa (Coudevylle et al., 2020), algo muy típico del Clima Tropical (CT). Siguiendo a Robin, Coudevylle, Hue, y Sinnapah (2017), el CT se caracteriza por un nivel de higrometría de más de un 80% de humedad relativa ($\pm 10\%$ rH) y una temperatura de alrededor de 30°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante el día. Afecta a millones de personas () que viven por ejemplo en el Caribe (por ejemplo Guadalupe, Martinica, Cuba), América Central (por ejemplo Costa Rica, Panamá), Sudamérica (por ejemplo Guyana, Brasil), África (por ejemplo Camerún, Senegal) o Asia (por ejemplo Vietnam, Tailandia, Japón), y podría afectar incluso a más personas en el actual contexto de cambio climático (Hulme & Viner, 1998). EL CT se puede considerar un estresor ambiental que puede influir sobre el rendimiento, como el ejercicio aeróbico (Hue, 2011), la rotación mental (Robin et al., 2017) o la capacidad de imaginar (Robin et al., 2020), pero la influencia del CT sobre los estados subjetivos de las personas que habitan en estas regiones climáticas sigue sin estar clara.

No obstante, es un hecho reconocido que las condiciones ambientales, incluyendo la higrometría y la temperatura ambiente, pueden influir sobre los estados subjetivos como el confort térmico, la fatiga y los afectos (Gaoua, 2010). Los afectos cubren factores relacionados con los sentimientos, las emociones y el humor, como la implicación placentera o la ira y la aversión (Watson, 1988) que una persona puede sentir en una situación o un ambiente específicos. Para una evaluación de los estados afectivos actuales, el Programa de Afectos Positivos y Negativos (*Positive and Negative Affect Schedule*, PANAS). El PANAS es un instrumento de lápiz y papel, fiable y válido, diseñado para evaluar los afectos positivos (AP) y negativos (AN). Los AP, que se relacionan con la actividad social y la satisfacción (por ejemplo, cómo se siente una persona entusiasmada), se conceptualizan como un continuo en el que un AP alto indica un estado óptimo de energía, total concentración, e implicación placentera, mientras que la tristeza y la apatía caracterizan al AP bajo (Villodas et al., 2011). Por contraste, los NA se identifican con una implicación desagradable (por ejemplo, miedo o nerviosismo), un AN bajo sería un estado de calma y serenidad (Watson et al., 1988). El PANAS fue traducido al francés y después validado por Lapierre, Gaudreau y Blondin (1999). El efecto de la temperatura ambiental sobre el AP y el AN no se ha estudiado mucho. Sin embargo, el impacto de este parámetro sobre el rendimiento cognitivo es bien conocido (para una revisión, ver Gaoua, 2010). El estrés térmico se suele relacionar con un descenso en el rendimiento en multitud de tareas (Qian et al., 2015; Robin et al., 2017; 2020). Gaoua et al. (2012) sugieren que el estado subjetivo de las personas podría ser el principal factor que influye la cognición en ambientes cálidos. Mostraron que, mientras que el rendimiento para las tareas cognitivas simples no se veía afectado, para tareas más difíciles el rendimiento era significativamente más bajo en un ambiente cálido. Además, los participantes tenían más AN en una condición de calor ambiental que en una condición neutral (sin cambios para los AP). El estrés térmico en condiciones experimentales cálidas (50°C , 50% Hr), como en el estudio de Gaoua et al. (2012), influye sobre los estados subjetivos. Podemos hipotetizar que

otro ambiente “cálido” pero más ecológico como el CT también podría influir sobre AP y AN pero no necesariamente de la misma manera, debido a la aclimatación (Hwang & Chen, 2007). En efecto, estos autores mostraron que los habitantes de Taiwan parecían ser más tolerantes a las condiciones ambientales (esto es, clima cálido y húmedo) que las personas que viven en zonas templadas (Hwang & Chen, 2007) porque estaban aclimatados al CT. Más recientemente, Wijayanto et al. (2017) mostraron que las personas no aclimatadas al CT informaban tener sensaciones más negativas, y encontraban que las condiciones ambientales eran más cálidas y menos confortables que aquellas que estaban aclimatadas al CT. Por último Watson y Clark (1994), empleando docenas de conjuntos amplios de datos (con muestras entre 289 y 1.657 participantes), observaron pocas diferencias significativas consistentes entre sexos en cuanto a los estados afectivos. A efectos prácticos, se puede ignorar la influencia del sexo sobre el rendimiento en puntuaciones de PANAS (Crawford & Henry, 2004).

Se puede considerar que el confort térmico/incomodidad térmica son una condición mental que expresa satisfacción o insatisfacción con las condiciones ambientales, y por lo general se evalúa mediante una escala de sensaciones (Xiong et al., 2015). Diversos trabajos sobre el rendimiento motor mostraron que el CT puede ser particularmente incapacitante y que aumenta la incomodidad térmica (Hue, 2011). El modelo adaptativo del confort térmico predice que las personas que se adaptan a las condiciones ambientales (calor e higrometría) a las que se ven expuestas con mayor frecuencia (de Dear & Brager, 1998). En efecto, Wijayanto et al. (2017) mostraron que los participantes aclimatados al CT eran más resistentes a las pérdidas de rendimiento durante estrés térmico que los participantes no aclimatados. Como resultado del proceso de aclimatación, las personas tienen mejor tolerancia fisiológica a un ambiente estresante (Lee et al., 2011) y mantienen un “nivel superior en el uso de recursos cognitivos” durante la realización de una tarea (Robin et al., 2020). Por último, Sawka et al. (2015) mencionan que, además de mejorar el confort térmico, la aclimatación al estrés térmico puede ralentizar la aparición de la fatiga en ambientes cálidos.

Las condiciones ambientales, entre ellas la higrometría y la temperatura ambiente, ejercen una influencia considerable sobre la fatiga y el rendimiento durante el ejercicio físico (Hue, 2011). Sin embargo, aparte de la investigación sobre la actividad física (para una revisión, ver Nybo, 2008), no se conoce bien la influencia del clima cálido y húmedo sobre la fatiga, y más concretamente sobre la fatiga mental. De acuerdo con Boksem (2008) la fatiga mental se refiere a la sensación que experimentan las personas en sus vidas cotidianas (por ejemplo después de una actividad prolongada) y que por lo general conlleva agotamiento, cansancio o aversión a continuar la actividad, así como un descenso del nivel de compromiso con la tarea (Meijman, 2000). Además, la fatiga mental conlleva cambios de humor (Desmond & Hancock, 2001) y se ha asociado con un peor rendimiento cognitivo y conductual (Lorist et al., 2005). Por ejemplo, Van der Linden y Eling (2006) observaron que la fatiga provoca dificultades en el proceso atencional, la planificación y la adaptación estratégica a resultados negativos. Por otra parte, Lan et al. (2011) mostró que los participantes eran menos capaces de realizar su trabajo y sentían más fatiga en condiciones cálidas (30°C) y secas (22% rH) que en condiciones neutras (22°C) y secas (21% rH). Por lo tanto, como sugieren Robin et al. (2018), una estimación subjetiva de la fatiga permitiría evaluar más adecuadamente la influencia del CT sobre los factores psicológicos, en especial la cognición.

Dado que la mayoría de los estudios se han realizado en condiciones ambientales de calor artificial (por ejemplo en una cámara climática) con personas no aclimatadas, el presente estudio

pretendía evaluar, en condiciones ecológicas (por ejemplo, en un aula), la influencia del Clima Tropical (CT) en la sensación de fatiga, el confort térmico y los afectos en personas que viven en este tipo de condición ambiental durante todo el año.

Objetivos

El objetivo del presente estudio era evaluar cómo un TC caracterizado por un TC (esto es, un clima cálido y húmedo) influye sobre los afectos positivos y negativos, la sensación de fatiga y las percepciones ambientales.

Hipótesis

El línea con Wijayanto et al. (2010), hipotetizamos que, debido a la aclimatación al clima tropical, (1) los afectos negativos de los participantes de este estudio deberían verse poco o nada influidos por el CT. Además, el línea con Qian et al. (2015), que mencionan que un ambiente cálido puede tener un efecto de amplificación de la fatiga, Hipotetizamos que (2) el CT debería incrementar la sensación de fatiga, y (3) disminuir el afecto positivo, que en este caso concreto se corresponde con sentirse activo o entusiasta. Además, en línea con Lan et al. (2011), hipotetizamos que (4) los participantes expresarían mayor incomodidad térmica en CT que en un clima neutral (CN). Por último, se realizaron análisis de correlación de manera exploratoria, con el fin de comprobar la consistencia de los resultados. Se hipotetizó que, en el CT, (5) la sensación de fatiga se relacionaría negativamente con el confort térmico.

Método

Participantes

En este estudio se empleó una muestra de conveniencia de sesenta ciudadanos voluntarios de Guadalupe (30 mujeres y 30 hombres, $M_{edad} = 21.94$ años, $DT = 2.13$ años, rango de edad: 19-28 años) (ver las características físicas de los participantes en la Tabla 1). Se reclutó a todos los participantes en la Université des Antilles, en la que pocas aulas, salvo el aula magna, tienen aire acondicionado, lo que podría afectar a sus usuarios, en su mayoría estudiantes; este es uno de los motivos que condicionaron esta selección de la población para el estudio. Los participantes aportaron un consentimiento informado por escrito, de acuerdo con la Declaración de Helsinki (1964). El estudio recibió la aprobación del comité de ética de la Universidad.

Insert Tabla 1

Instrumentos y/o medidas

Los participantes rellenaron la versión francesa del PANAS (Lapierre et al., 1999), indicaron sus sensaciones de fatiga, térmica y de confort, y eran conscientes de que sus respuestas eran confidenciales y anónimas. El PANAS consiste de 10 estados AP (activo, alerta, atento, decidido, entusiasta, excitado, inspirado, interesado, orgulloso y fuerte) y 10 estados AN (asustado, avergonzado, angustiado, culpable, hostil, irritado, agitado, nervioso, aterrorizado y

molesto) cuya intensidad se evalúa en una escala de 5 puntos (de 1 “muy poco” a 5 “mucho”). Hicimos especial hincapié en afirmar que las respuestas eran totalmente confidenciales y anónimas. Además, no se afirmó en ningún momento que los resultados de este experimento fueran a servir para pronosticar sus niveles de habilidad (ver Coudevylle et al., 2015). Como se ilustra en la Figura 1, las sensaciones de fatiga (Samn & Pirelli, 1982), térmica y de confort (Périard et al., 2014) se registraron en tres escalas de 7 puntos. La escala de sensación de fatiga oscila entre 1 “nada cansado” y 7 “completamente agotado”, la escala de sensación térmica oscila entre 1 “mucho frío” y 7 “mucho calor”, y la escala de sensación de confort oscila entre 1 “muy cómodo” y 7 “muy incómodo” (ver Coudevylle et al., 2020, o Robin et al., 2019, para procedimientos similares).

Procedimiento

Todos los participantes rellenaron los cuestionarios dos veces, con un intervalo de dos semanas entre ambas sesiones de evaluación. Una de las sesiones se realizó en CN artificial (temperatura media = 24.16°C, higrómetros = 45.5 % Hr) empleando aire acondicionado, y la otra sesión se llevó a cabo en una condición ecológica de CT (temperatura media = 30.97°C, higrómetros = 72.5 % Hr) en orden aleatorio (ver un procedimiento similar en Coudevylle et al., en prensa). Se midió la temperatura y la higrómetros con un termohigrómetro Fisherbrand (precisión de higrómetros $\pm 5\%$ Hr; precisión de temperatura $\pm 0.1^\circ\text{C}$ o 3.4°F).

Ambas sesiones, de una hora de duración aproximadamente, se realizó a la misma hora del día (10:00 am) en la misma aula rectangular de la Universidad (5 x 7 m.), en la que la iluminación ambiente era artificial e idéntica (luz fluorescente de 4000K). Una hora antes de cada sesión el experimentador preparaba las condiciones experimentales y monitorizaba la temperatura y la higrómetros. Con el fin de minimizar el posible efecto de rechazo a exponerse a un ambiente cálido y húmedo durante mucho tiempo (Gaoua et al., 2012), se dividió a los participantes en grupos de 15, y descansaron en posición sentada durante 30 minutos antes de comenzar a responder a los cuestionarios de estados subjetivos, que se les presentaban en audio durante unos 10 minutos.

Insert Figura 1

Análisis de datos

Se evaluaron las dimensiones medias de afectos positivos y negativos de PANAS, y las sensaciones de fatiga, confort y térmica, de cada participante. Efectuamos ANOVAs de una dirección con medidas repetidas sobre las variables dependientes, empleando las condiciones de temperatura (CT vs. CN) como factor intra-participantes. Además, se realizaron análisis de correlación de las variables dependientes para cada condición de temperatura (CT vs. CN). Se comprobó la normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov), se indicaron los tamaños del efecto (η_p^2) para los ANOVAs, y se estableció α en .05 para todos los análisis.

Resultados

Afectos Positivos y Negativos

Como se ilustra en la Figura 2, el ANOVA para los AP mostró un efecto principal significativo de las condiciones de temperatura [$F(1, 58) = 23.13, p < .01, \eta_p = .28$], y la prueba post-hoc Newman-Keuls mostró que las puntuaciones en AP eran más bajas en CT que en CN.

Los análisis para los AN no mostraron ningún efecto principal significativo de las condiciones de temperatura. En la Tabla 1 se puede ver un resumen de los análisis de AP y AN.

Insert Figura 2 and Tabla 2 here

Sensaciones de fatiga, de confort y térmica

Los ANOVAs mostraron efectos significativos de las condiciones de temperatura sobre la sensación de fatiga [$F(1, 58) = 9.39, p < .01, \eta_p = .14$], la sensación de confort [$F(1, 58) = 307.9, p < .01, \eta_p = .84$], y la sensación térmica [$F(1, 58) = 315.4, p < .01, \eta_p = .85$]. Las pruebas Newman-Keuls mostraron que la sensación de fatiga (Figura 3[a]) y la sensación térmica (Figura 3[c]) fueron más altas, y la sensación de confort (Figura 3[b]) más baja, en CT que en CN.

Insert Figura 3 here

Análisis correlacional en Clima Neutro

El análisis mostró una correlación negativa significativa entre AP y sensación térmica (Tabla 3) en CN.

Insert Tabla 3 here

Análisis correlacional en Clima Tropical

El análisis mostró correlaciones negativas significativas entre AP y sensación de fatiga; y entre sensación de fatiga y confort térmico en CT. Además, se encontraron correlaciones negativas significativas entre confort térmico y sensación térmica, y entre AP y AN.

Insert Tabla 4 here

Discusión

El propósito de este estudio original era estudiar si el CT influye sobre los estados subjetivos de las personas aclimatadas a este tipo de ambiente. Como se hipotetizaba, los resultados muestran que los AN de los participantes no se vieron influidos por el CT (1), que este ambiente cálido y húmedo incrementó la sensación de fatiga (2) y disminuyó el confort térmico y el afecto positivo (3 y 4) en comparación con un clima neutral. Por último, (5) la sensación de fatiga correlacionó negativamente con el confort térmico.

El resultado principal obtenido en este estudio mostró diferencias significativas en AP entre CT y CN. El descenso de puntuaciones AP en CT podría explicarse por el estrés inducido por los “recursos mentales” que requiere el CT (Hocking et al., 2001) que no requiere el CN. En esta línea, e investigando el efecto de la exposición pasiva al calor sobre el rendimiento cognitivo, Wijayanto et al. (2013) mostraron mayor incrementos de cambios en la oxihemoglobina en el área prefrontal del córtex durante una tarea realizada en condiciones de calor, lo que sugiere que los participantes realizan un esfuerzo o reclutamiento de recursos neurales disponibles para llevar a cabo la tarea al mismo nivel de rendimiento que cuando se sienten térmicamente cómodos. Además, de acuerdo con Watson et al. (1988), el AP se relaciona con la actividad social, la satisfacción y la frecuencia de eventos agradables. Por lo tanto, el hecho de que los participantes tuvieran PA más bajos en CT que en CN también podría explicarse porque, para ellos, era más agradable estar en CN. En efecto, los resultados sobre las sensaciones térmica y de confort muestran que los participantes se sentían más acalorados y menos cómodos en CT que en CN. Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman los de Lan et al. (2011), que observaron un confort térmico y un rendimiento mental más bajos a 30°C que a 22°C, y los de Hue (2011), que mostró una mayor incomodidad térmica en CT. Es necesaria más investigación para evaluar si los estados subjetivos (por ejemplo, afectos positivos o confort térmico) influyen sobre las capacidades cognitivas en CT.

Al contrario que para los AP, no se encontraron diferencias significativas en AN entre CN y CT. Este resultado es divergente con los obtenidos en el estudio de Gaoua et al. (2012), en el que los participantes (todos vivían en CN durante todo el año) manifestaron más AN durante una exposición breve a un ambiente muy cálido que en condiciones neutras. Wijayanto et al. (2017) recientemente mencionó que las personas que no están aclimatadas al “calor” encuentran las condiciones ambientales más cálidas y menos cómodas, y manifiestan tener más afectos negativos, que las personas aclimatadas, lo que parece consistente con los resultados obtenidos en este estudio. Además, la diferencia entre los resultados del presente estudio y los obtenidos por Gaoua y colaboradores también podría explicarse por las distintas condiciones ambientales. En este experimento, la temperatura en CN y en CT se escogió de manera que correspondiera con las condiciones ambientales locales en las aulas. Sin embargo, hay una diferencia de alrededor de 20°C entre nuestra condición ecológica (CT: 31°C) y la condición cálida artificial (50°C) empleada en la cámara climática del estudio de Gaoua et al. (2012). Apoyándose en el efecto aliestésico, estos autores sugerían que la sensación de desagrado provocada por un rápido ascenso de la temperatura de la piel (3.3°C) es un factor que puede explicar por qué los sujetos experimentaron más AN en esta condición tan cálida. Podría considerarse como una limitación que en el presente estudio no se realizaron medidas de la temperatura de la piel, pero un aumento de tales características parece improbable, como confirman Lan et al. (2011).

Por otra parte, como proponen Villodas et al. (2011), una puntuación baja en la escala AN denota calma y serenidad, algo comprensible en personas que viven todo el año en un CT como efecto de la aclimatación. En efecto, es relativamente fácil de comprender que las personas que viven todo el año en un ambiente climático cálido y húmedo no obtendrían puntuaciones altas en los AN como el temor, el nerviosismo o la culpa. En línea con el modelo adaptativo de confort térmico, de Dear y Brager (1998) propusieron que las personas se adaptan a las condiciones ambientales (por ejemplo, el calor y la higrimetría) a las que se ven expuestas habitualmente. De acuerdo con Gaoua (2010), la aclimatación al calor mejora las respuestas fisiológicas a condiciones de calor térmico, y puede evitar riesgos como las perturbaciones cognitivas

(Coudevylle et al., 2019). Sin embargo, es importante recordar que pocos estudios de evaluación de las respuestas psicológicas al calor dan cuenta de la aclimatación de los participantes. Wijayanto et al. (2017) mostraron que los participantes aclimatados al CT eran más resistentes a los descensos en rendimiento durante situaciones de estrés térmico que los no aclimatados. La aclimatación al CT viene acompañada de una adaptación fisiológica (Lee et al., 2011) que parece favorecer una mejor tolerancia a este ambiente estresor. Además, Robin et al. (2020) sugieren que la aclimatación también permite mantener un “alto nivel de uso de recursos cognitivos” en tareas mentales. Además, Hwang y Cheng (2007), que investigaron respuestas térmicas subjetivas y percepción de confort en oficinas de Taiwan (caracterizadas por un clima cálido y húmedo) mostraron que los participantes nativos de los trópicos preferían niveles altos de higrometría porque estaban aclimatados a ellos.

En la literatura sobre estrés térmico, la variable de la humedad relativa no ha atraído mucha atención, pero parece ser un factor importante a tener en cuenta. Por ejemplo, Vasmatazidis et al. (2002) observaron que, a unos 34°C, un alto nivel de Hr (sobre el 71%) ejercía más influencia negativa sobre el rendimiento que un nivel más bajo, de alrededor del 30% Hr. Pepler (1958) obtuvo un resultado parecido en sus pruebas sobre el rendimiento en pista bajo condiciones bajas (20% Hr) y altas (80%) de humedad relativa a diferentes temperaturas (22, 26, 29 o 34°C). Este autor mostró que un alto nivel de humedad relativa era perjudicial para el rendimiento en tareas cognitivas a partir de 22°C, mientras que en condiciones de baja humedad relativa el descenso en el rendimiento se observaba solo en temperaturas altas (29°C). Dada la considerable diferencia entre CN (alrededor del 46% de Hr) y CT (alrededor del 71% Hr) por el aire acondicionado en el presente estudio, es posible que la higrometría influyera sobre el afecto de los participantes (esto es, la reducción en las puntuaciones AP). Los estudios futuros deberían evaluar los efectos de la humedad relativa sobre AP y AN. Por ejemplo, la comparación de nuestros resultados en PANAS con otros obtenidos en una cámara climática a unos 30°C y con un nivel bajo de higrometría (30%) debería permitir la distinción entre la influencia del estrés térmico y de la humedad relativa sobre los estados subjetivos y la sensación de fatiga.

La sensación de fatiga es otro factor que puede incluir sobre el afecto (Qian et al., 2015; Nybo, 2008), las estrategias de autoobstaculización (*self-handicapping*, Coudevylle et al., 2015) y podría disminuir el deseo de continuar una actividad, o el nivel de implicación en una actividad ya en progreso (Meijman, 2000). Los resultados del presente estudio muestran que la sensación de fatiga era más baja en CN que en CT, y correlacionaba negativamente con AP. Estos resultados son consistentes con los de Qian y colaboradores (2015), que sugieren que el estrés térmico tiene un efecto potencial de incremento de la fatiga, y de Lan et al. (2011), que mostraron que los participantes estaban menos dispuestos a esforzarse en la realización de tareas a 30°C que en un ambiente más templado (22°C). Podemos así proponer que el CT disminuye los sentimientos de entusiasmo, actividad y alerta de las personas, obteniendo puntuaciones bajas en AP en CT en comparación con las altas puntuaciones en CN. En línea con Villodas et al. (2011), podemos asumir que, en CN, los participantes se ven beneficiados por un estado energético óptimo, concentración total, e implicación placentera en la tarea. Al contrario, el CT parece incrementar la fatiga mental, lo cual puede desembocar en el deterioro del funcionamiento cognitivo, como los procesos atencionales, la planificación o la elección de estrategias adaptadas (Van der Linden & Eling, 2006). Por último, la correlación negativa entre la sensación de fatiga y el confort térmico en CT parece indicar que este clima puede considerarse como un estresor

ambiental, incluso en aquellas personas aclimatadas (Robin et al. 2020), probablemente debido al efecto acumulativo de dos estresores (el calor y el alto nivel de humedad relativa).

Limitaciones de este estudio

El uso de una única escala para la estimación de la fatiga (como en Samn & Pirelli, 1982) es una limitación, y es necesaria más investigación que emplee estimaciones de la fatiga subjetiva complejas y multifactoriales, como el cuestionario desarrollado por Tanabe y Nishihara (2004). Además, este estudio empleó una muestra pequeña, lo cual puede ser otra limitación de cara a la generalización.

Perspectivas de investigación

Si la higrometría es una variable necesaria a tener en cuenta en el CT, parece también interesante que las investigaciones futuras integren otras características, como la presión atmosférica, la ventilación natural, la luz solar, la naturaleza y la abundancia de vegetación, que puedan influir sobre el confort en áreas urbanas (Adolphe, 2009; Amphoux, 1990; Laurentin, 1997). Por último, la investigación futura debería emplear más variables dependientes, como diversas tareas cognitivas simples y complejas y componentes motivacionales.

Conclusión

Este estudio subraya la influencia del CT sobre los estados subjetivos, y más concretamente sobre AP y AN, en estudiantes que viven todo el año en CT, en comparación con otros estudios, enfatizando así el efecto de la aclimatación. Los resultados muestran diferencias significativas en AP, pero no en AN, entre CT y CN. Estos resultados deberían confirmarse antes de llegar a conclusiones sobre la influencia del CT sobre los estados subjetivos como los afectos positivos y negativos. Dado que los participantes estaban aclimatados al CT, parecían ser más tolerantes a este clima, y experimentaban menos AN. Sin embargo, el hecho de que las puntuaciones de AP se vieron afectadas negativamente por el CT suscita dudas sobre su impacto en el aprendizaje, la memoria o el razonamiento de los estudiantes. En línea con los resultados obtenidos en este experimento, con la literatura, y en el contexto del calentamiento global, podemos afirmar que, en escuelas y universidades situadas en lugares con condiciones ambientales calurosas, es preferible estudiar en aulas con aire acondicionado o ventilación natural para reducir las sensaciones de fatiga, la incomodidad térmica y los descensos en el rendimiento cognitivo. Nuestro laboratorio continuará realizando investigaciones para evaluar la influencia de los distintos niveles de higrometría sobre los estados subjetivos, la cognición y la motivación.

Agradecimientos

Queremos agradecer a todos los participantes y a Chiraz Agrevi por sus correcciones en el inglés.

Figura 1. Escalas de puntuación

Figura 2. Medidas PANAS. Medias de afecto Positivo y Negativo en condiciones Clima Tropical (CT, barras Negras) y Clima Neutral (CN, barras blancas). Las líneas I indicant los intervalos de confianza del 95% para los valores medios. *Diferencia significativa mediante ANOVA: $p < .05$; NS: No Significativa.

/

Figura 3. Puntuaciones en sensaciones de fatiga (a), confort (b) y térmica (c) en condiciones Clima Tropical (CT, barras Negras) y Clima Neutral (CN, barras blancas). Las líneas I indican los intervalos de confianza del 95% para los valores medios. *Diferencia significativa mediante ANOVA: $p < .05$.

/

Tabla 1. *Características físicas*

Sexo	Altura (cm)		Masa corporal (kg)		Área de superficie corporal (m ²)	
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Mujer (N=30)	169.70	4.72	68.81	5.76	1.79	0.87
Hombre (N=30)	178.01	6.97	76.53	10.21	1.94	0.15

Nota. Altura en centímetros (cm), Masa corporal en kilogramos (kg), Área de superficie corporal en metros cuadrados (m²), *M* = media, *DT* = desviación típica.

Tabla 2. *Resumen de puntuaciones en afectos positivos y negativos en función de la condición ambiental*

Afecto	CN		CT	
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>
Puntuaciones AP	25.77	6.83	21.05	7.97
Puntuaciones AN	11.84	2.54	12.46	2.69

Nota. AP = Afectos Positivos; AN = Afectos Negativos; CN = Clima Neutral; CT = Clima Tropical, *M* = media de puntuaciones AP y AN, *DT* = desviación típica.

Tabla 3. Correlaciones entre las variables del estudio en clima neutral

	1	2	3	4	5
Sensación de fatiga		-.22	.02	-.10	.24
Sensación de confort			-.15	.23	.08
Sensación térmica				-.34***	-.06
Afectos positivos					.17
Afectos negativos					

Nota. *** $p < .01$

Tabla 4. Correlaciones entre las variables del estudio en clima tropical

	1	2	3	4	5
Sensación de fatiga		-.30*	.03	-.28*	.17
Sensación de confort			-.48***	.08	-.02
Sensación térmica				.04	.14
Afectos positivos					-.39***
Afectos negativos					

Nota. * $p < .05$; *** $p < .01$

Acknowledgments / Agradecimientos

We would like to thank all the participants, and Chiraz Agrebi for the corrections in English. /

Queremos agradecer a todos los participantes y a Chiraz Agrebi por sus correcciones en el inglés.

References / Referencias

- Adolphe, L. (2009). *Morphometric Integrators of a Sustainable City*. PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada, June 2009.
- Amphoux, P. (1990). Vers une théorie des trois comforts, *Annuaire*, 90, 27–30.
- Coudevylle, G. R., Gernigon, C., Martin Ginis, K. A., & Famose, J.-P. (2015). Les stratégies d’auto-handicap : Fondements théoriques, déterminants et caractéristiques [Self-handicapping strategies: theoretical foundations, determinants, and characteristics], *Psychologie française*, 60, 263–283.
- Coudevylle, G., Sinnapah, S., Robin, N., Hue, O., & Poparoch, M. (2020). Impact of cold water intake on environmental perceptions, affect, and attention as a function of climate condition. *American Journal of Psychology*, 133(2), 205-219.
- Coudevylle, G., Sinnapah, S., Robin, N., Collado, A., & Hue, O. (2019). Conventional and alternative strategies to cope with the tropical climate of Tokyo 2020: Impacts on psychological factors of performance. *Frontiers in Psychology*, 10, 1279.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01279>
- Crawford, J., & Henry, J. (2004). The Positive And Negative Affect Schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical

- sample. *British Journal of Clinical Psychology*, 43, 245–265.
<https://doi.org/10.1348/0144665031752934>
- de Dear, R. J., & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*, 104, 145–167.
<http://escholarship.org/uc/item/4qq2p9c6>
- Desmond, P. A., & Hancock, P. A. (2001). Active and passive fatigue states. In P.A. Desmond, & P.A. Hancock (Eds.), *Stress, Workload and Fatigue* (pp. 455–465). Lawrence Erlbaum Associates.
- Gaoua, N. (2010). Cognitive function in hot environments: A question of methodology. *Scandinavian Journal of Medecine & Science in Sports*, 20, 60–70.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x>
- Gaoua, N., Grantham, J., Racinais, S., & Massoui, F. (2012). Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat. *Journal of Environmental Psychology*, 32, 158–163. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00372>
- Gaoua, N., Herrera, C. P., Périard, J. D., El Massioui, F., & Racinais, S. (2018). Effect of passive hyperthermia on working memory resources during simple and complex cognitive tasks. *Frontiers in Psychology*, 8, 2290. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02290>
- Hocking, C., Silberstein, R. B., Lau, W. M., Stough, C., & Roberts, W. (2001). Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing. *Comparative Biochemistry and Physiology A Molecular Integrative Physiology*, 128, 719–734. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(01\)00278-1](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00278-1).

- Hue, O. (2011). The challenge of performing aerobic exercise in tropical environments: Applied knowledge and perspectives. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6, 443–454. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00688738/document>
- Hulme, M., & Viner, D. (1998). A Climate Change Scenario for the Tropics. In A. Markham (Eds), *Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems*. Springer.
- Hwang, R., & Cheng, M. (2007). Field Survey on Human Thermal Comfort Reports in Air-Conditioned Offices in Taiwan. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 1, 8–13. <http://www.bentham-open.com/contents/pdf/TOBCTJ/TOBCTJ-1-8.pdf>
- Kosonen, R., & Tan, F. (2004). Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. *Energy Building*, 36, 987–993.
- Lan, L., Wargocki, P., Wyon, D. P., & Lian, Z. (2011). Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air*, 21, 376–390. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2011.00714.x>.
- Lapierre, A. M., Gaudreau, P., & Blondin, J. P. (1999). *Évaluation de l'affectivité positive et négative en contexte sportif : Traduction francophone du PANAS. Evaluation of positive and negative affectivity in a sports context: French translation of the PANAS*. Paper presented at the 23rd annual conference of the Société Québécoise de Recherche en Psychologie, Quebec, QC, Canada.
- Lee, J. Y., Wakabayashi, H., Wijayanto, T., Hashiguchi, N., Saat, M., & Tochihara, Y. (2011). Ethnic differences in thermoregulatory responses during resting, passive and active heating: Application of Werner's adaptation model. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2895–2905.

- Laurentin, C. (1997). *Interprétation architecturale développant la ventilation naturelle en climat tropical humide pour le logement collectif*. DEA Ambiances architecturales et urbaines option Thermique et Energétique CERMA-1995-2006.
- Lorist, M. M., Boksem, M. A. S., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, *24*, 199–205.
- Meijman, T. F. (2000). The theory of the stop-emotion: on the functionality of fatigue. In D. Pogorski & W. Karwowski (Eds.), *Ergonomics and safety for global business quality and production* (pp. 45–50). CIOP.
- Nybo, L. (2008). Hyperthermia and fatigue. *Journal of Applied Physiology*, *104*(3), 871–878.
- Pepler, R. D. (1958). Warmth and performance: An investigation in the tropics. *Ergonomics*, *2*, 63–88. <https://doi.org/10.1080/00140135808930403>
- Périard, J., Racinais, S., Knez, W., Herrera, P., Christian, J., & Girard, O. (2014). Thermal, physiological and perceptual strain mediate alterations in match-play tennis under heat stress. *British Journal of Sports Medicine*, *48*, 32–8.
- Qian, S., Li, M., Li, G., Liu, K., Li, B., Jiang, Q., Li, L., Yang, Z., & Sun, G. (2015). Environmental heat stress enhances mental fatigue during sustained attention task performing: Evidence from an ASL perfusion study. *Behavioral Brain Research*, *280*, 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.11.036>
- Robin, N., Anciaux, F., & Coudeville, G. R. (2020). Effects of tropical climate and language format on imagery ability among french-creole bilinguals. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*. <https://doi.org/10.1080/13670050.2019.1709412>

- Robin, N., & Coudevylle, G. R. (2018). The Influences of tropical climate, imagery ability, distance and load on walking time. *International Journal of Sport Psychology*, 3, 140–155. <https://doi.org/10.1080/20445911.2017.1384382>
- Robin, N., Coudevylle, G. R., Hue, O., & Toussaint, L. (2018). The influences of tropical climate on imagined walking time. *Journal of Cognitive Psychology*, 30(1), 98–107. <https://doi.org/10.1080/20445911.2017.1384382>
- Robin, N., Coudevylle, R. G., Hue, O., & Sinnapah, S. (2017). Effects of tropical climate on mental rotation: The role of imagery ability. *American Journal of Psychology*, 130, 455–465.
- Sawka, M., Périard, J., & Racinais, S. (2015). Heat acclimatization to improve athletic performance in warm-hot environments. *Sports Science Exchange*, 28(153), 1–6.
- Samn, S. W., & Perelli, L. P. (1982). *Estimating aircrew fatigue: A technique with implications to airlift operations*. USAF School of Aerospace Medicine. Technical Report No.SAM TR 82–21.
- Tanabe, S., & Nishihara, N. (2004), Productivity and fatigue. *Indoor Air*, 14, 126–133. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00281.x>
- Van der Linden, D., & Eling, P. (2006). Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, 70, 395–402. <https://doi.org/10.1007/s00426-005-0228-7>
- Vasmatazidis, I., Schlegel, R., & Hancock, P. (2002). An investigation of heat stress effects on timesharing performance. *Ergonomics*, 45, 218–39. <https://doi.org/10.1080/0265673021000054630>

- Villodas, F., Villodas, M. T., & Roesch, S. (2011). Examining the factor structure of the positive and negative affect schedule (PANAS) in a multiethnic sample of adolescents. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development, 44*, 193–203.
<https://doi.org/10.1177/0748175611414721>
- Watson, D., & Clark, L. A. (1994). *The PANAS-X: Manual for the Positive and Negative Affect Schedule-Expanded Form*. The University of Iowa. <http://dx.doi.org/10.13072/midss.438>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology, 54*, 1063–1070. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
- Watson, D. (1988). Intraindividual and interindividual analyses of positive and negative affect: Their relation to health complaints, perceived stress, and daily activities. *Journal of Personality and Social Psychology, 54*(6), 1020–1030.
- Wijayanto, T., Toramoto, S., Maeda, Y., Sonomi, S., & Tochiara, Y. (2017). Cognitive performance during passive heat exposure in Japanese males and tropical Asian males from Southeast Asian living in Japan. *Journal of Physiological Anthropology, 36*, 2– 11.
<https://doi.org/10.1186/s40101-016-0124-4>
- Wijayanto, T., Toramoto, S., & Tochiara, Y. (2013). Passive heat exposure induced by hot water leg immersion increased oxyhemoglobin in pre-frontal cortex to preserve oxygenation and did not contribute to impaired cognitive functioning. *International Journal of Biometeorology, 57*, 557–567.
- Xiong, J., Lian, Z., Zhou, X., You, J., & Lin, Y. (2015). Effects of temperature steps on human health and thermal comfort. *Building and Environment, 94*, 144–154.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.07.032>