



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Plant wax n-alkane biomarkers in the tropical Andes (Ecuador)

Teunissen van Manen, M.L.

**Publication date**

2020

**Document Version**

Other version

**License**

Other

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**


Teunissen van Manen, M. L. (2020). *Plant wax n-alkane biomarkers in the tropical Andes (Ecuador)*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, P.O. Box 19185, 1000 GD Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



# 9

Summaries in English,  
Dutch and Spanish



## SUMMARY

A detailed understanding of an ecosystem's past is necessary for effective governance and policymaking, especially in light of current land-use and climate change (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009). It is therefore necessary to develop new tools, such as the *n*-alkane proxy, that can deepen our understanding of ecosystem history. Against the backdrop of the richness of the Ecuadorian Andes (Jørgensen and León-Yáñez, 1999), and the particular land-use and climatic change threats it's experiencing (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009), I set out in this thesis to further our understanding of plant wax *n*-alkanes patterns and their utility as a palaeoecological proxy. In particular, the overarching question addressed in this thesis is: what do *n*-alkane patterns extracted from sedimentary records reflect? Specifically, three key questions that remain unanswered are:

- Do environmental or taxonomic factors dominate the *n*-alkane signal in a given context?
- Does the *n*-alkane signal alter as the plant material degrades?
- How much of the *n*-alkane variability can be explained by our analytical protocols?

My research is presented in five stages. First, I study the factors controlling the *n*-alkane signal in leaves from tropical tree species (production). Second, I study how the *n*-alkane signal transforms as it turns into necromass and into soils (processes). Third, I study the *n*-alkane signal from a natural archive (preservation). Fourth, I study how measurement error could be confounding our understanding of the *n*-alkane signal (protocols). Finally, I consider my findings and the *n*-alkane literature to answer the sub-questions and overarching question in the thesis.

Chapter two characterizes *n*-alkane production differences between, and within, six tropical tree species, along a modern environmental gradient. I measured the plant wax of six trees along an environmental gradient in the Ecuadorian Andes. These data show that the wax composition of the species changes along the environment gradient; however, species specific changes can also be observed. Mean annual temperature in particular is identified as strongly influencing the leaf wax *n*-alkane composition. This study provides a deeper understanding of plant wax plasticity in modern plants, which is relevant to interpreting changes in plant waxes preserved in ancient soils and lake sediments.

Chapter three investigates *n*-alkane of degradation processes as they move from leaf into the soils and sediments in the modern environment. I measured the plant wax in leaves and soils along an environmental gradient in the Ecuadorian Andes. These data show how the wax composition changes as the plant material degrades in different environments. Local mean annual temperature is reflected in the wax *n*-alkanes extracted from leaves and soils despite degradation. This study provides a modern calibration dataset to interpret changes in plant waxes preserved in ancient soils and lake sediments.

Chapter four explores *n*-alkane preservation and interpretation in ancient sedimentary deposits. I measured the plant waxes preserved in Middle Pleistocene sediments in the Ecuadorian Andes. These data show that the waxes are from terrestrial origin, and that the changes in the wax indirectly reflect changes in temperature at the time of deposition. The sedimentary plant waxes were interpreted based on modern leaf and soil calibration datasets. This study provides an example of how plant wax *n*-alkanes preserved in sediments can be used to help reconstruct past environments and conditions.

Chapter five investigates *n*-alkane extraction and measurement protocol reproducibility, the extent of low reproducibility, its effect on interpretations, and the potential sources of variability. From literature I gathered the plant wax measurements that were repeated with the purpose of testing the reproducibility of the measurement. These data suggests that plant wax composition is measured consistently, despite inconsistent plant wax concentration measurement. The effect of the measurement irregularities on the result interpretations are study dependent, and the sources of the inconsistencies cannot be attributed to a single source. This study provides a starting point for assessing the likely impact of measurement variability on the interpretation of plant wax *n*-alkanes.

Taken together, I find that the taxonomic and environmental signals are entangled, especially in leaf *n*-alkanes. Soil *n*-alkane patterns reflect environmental conditions at the site, but the results cannot rule out a vegetation structure signal in soil *n*-alkanes. However, chemotaxonomic identification at the family level or below, using *n*-alkane patterns (or summary metrics thereof) alone, seems an improbable application of *n*-alkane proxy in the sedimentary record. This is partially due to the alteration of the *n*-alkane patterns as the source (plant) material degrades. The *n*-alkane signal is recognizable as having plant origin, but there is a clear reduction in variability and the metric for degradation (carbon preference index, which measures the odd-over-even distribution of the *n*-alkane pattern) becomes an increasingly important descriptor of the *n*-alkane pattern shifts observed in soils and sediments. However, there is promising evidence (together with other CPI studies) that suggests there is a link between the level of degradation and the *n*-alkane signal in modern soils. In fact, when the input to the record can be constrained, I find that *n*-alkane patterns extracted from sediments can be used as a proxy for environmental change in combination with other palaeoecological proxies. However, I also find an important knowledge gap in understanding the vast variability found in the *n*-alkane patterns extracted from leaves, necromass, soils and sediments: there is very little understanding of how much our protocols for extracting and measuring the *n*-alkanes contribute to the variability and what implications this has on our interpretations (and thus understanding) of the *n*-alkane signal. Overall, I feel there is a need for a deeper understanding of this portion of variability, and would like to see more research that presents a multivariate analysis of the *n*-alkane patterns, prior to attributing an environmental or taxonomic signal to the summarizing metrics.

# SAMENVATTING

Om effectief ecologisch beleid te formuleren is het belangrijk om het verleden van een ecosysteem goed te begrijpen. Dit geldt in het bijzonder onder de huidige omstandigheden van klimaatverandering en intensivering van landgebruik (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009). Het is daarom belangrijk om methodes te ontwikkelen, zoals de *n*-alkanen proxy, die ons inzicht geven in de geschiedenis van een ecosysteem. Tegen de achtergrond van de ecologische rijkdom van de Ecuadoraanse Andes (Jørgensen and León-Yáñez, 1999), en de klimaat en landgebruik uitdagingen die dit gebied onder druk zetten (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009), onderzoek ik in deze thesis hoe de patronen in bladwas *n*-alkanen ingezet kunnen worden als palaeoecologische proxy. De centrale vraag in deze thesis is: wat weerspiegelen de *n*-alkaan patronen die we extraheren uit sedimentaire archieven? Specifiek, behandel ik drie tot dusver onbeantwoorde vragen:

- Domineren omgeving of taxonomische factoren het *n*-alkaan signaal in een specifieke context?
- Verandert de aard van het *n*-alkaan signaal naarmate het plantmateriaal degradeert?
- Hoe veel van de variabiliteit in de *n*-alkanen kan toegeschreven worden aan onze analytische protocollen?

Mijn onderzoek is onderverdeeld in vijf fases. Allereerst onderzoek ik de factoren die het *n*-alkaansignaal in de bladeren van tropische bomen beïnvloeden (productie). Ten tweede, onderzoek ik hoe het *n*-alkaan signaal transformeert naarmate het in dood plantmateriaal en bodems verandert (processen). Ten derde, bestudeer ik het *n*-alkaan- signaal van een natuurlijk archief (preserveren). Ten vierde, onderzoek ik hoe meetfouten onze kennis en interpretatie van het *n*-alkaan signaal zouden kunnen vertroebelen (protocollen). Tot slot pas ik de kennis uit mijn onderzoek en de *n*-alkanen literatuur toe om de deelvragen en hoofdvraag van deze thesis te beantwoorden.

Hoofdstuk twee schetst de kenmerkende verschillen in *n*-alkanen productie tussen en binnen zes tropische boomsoorten, langs een omgevingsgradiënt. Specifiek heb ik de *n*-alkanen patronen in het bladwas van zes boomsoorten gemeten langs een hoogtegradiënt in de Ecuadoraanse Andes. Deze data laten zien dat de samenstelling van de was *n*-alkanen van de verschillende soorten op een vergelijkbare manier veranderen langs het gradiënt. Ik constateer echter ook soort specifieke verschillen. In het bijzonder, stel ik vast dat de lokale gemiddelde jaartemperatuur de samenstelling van blad *n*-alkanen beïnvloed. De resultaten van deze studie verdiepen onze kennis voor wat betreft de plasticiteit van bladwas *n*-alkanen in moderne soorten. Dit is relevant voor het interpreteren van veranderingen in de *n*-alkaan samenstelling uit het verleden (van de bodem en sedimenten).

Hoofdstuk drie onderzoekt mogelijke *n*-alkaan afbraakprocessen naarmate de *n*-alkanen van blad naar de bodem en sedimenten bewegen in de moderne omgeving. Ik

heb het bladwas in bladeren en bodems gemeten langs een omgevingsgradiënt in de Ecuadoraanse Andes. Deze gegevens laten zien hoe de  $n$ -alkanen samenstelling verandert naarmate het plantmateriaal in verschillende omgevingen afbreekt. De lokale gemiddelde jaartemperatuur wordt weerspiegeld in de  $n$ -alkanen die uit bladeren en bodems worden gewonnen, ondanks het degradatieniveau van het materiaal. Deze studie biedt een moderne kalibratiedataset voor het interpreteren van veranderingen in bladwas dat bewaard is gebleven in oude bodems en sedimenten.

Hoofdstuk vier onderzoekt het behoud en de interpretatie van  $n$ -alkanen in oude sedimentaire afzettingen. Ik heb het bladwas dat bewaard is in sedimenten uit het Midden-Pleistoceen in de Ecuadoraanse Andes gemeten. Deze gegevens tonen aan dat de wassen van terrestrische oorsprong zijn en dat de veranderingen in de was indirect veranderingen in temperatuur op het moment van afzetting weerspiegelen. Het sedimentaire bladwas werd geïnterpreteerd op basis van moderne blad en bodemkalibratiedatasets. Deze studie illustreert hoe bladwas  $n$ -alkanen patronen die in sedimenten zijn gepreserveerd, kunnen worden gebruikt om historische omgevingen en omstandigheden te reconstrueren.

Hoofdstuk vijf onderzoekt de reproduceerbaarheid van  $n$ -alkaanextractie en meetprotocollen (oftewel de mate van reproduceerbaarheid van de metingen). Ik onderzoek of een lage reproduceerbaarheid effect heeft op de interpretaties en bestudeer mogelijke bronnen van de meetvariabiliteit. Uit de literatuur verzamelde ik de metingen van bladwas die herhaald werden om de reproduceerbaarheid van de meting te testen. Deze data suggereren dat de was  $n$ -alkanen samenstelling consistent wordt gemeten, ondanks dat de metingen van de was  $n$ -alkanen concentraties regelmatig inconsistent zijn. Het effect van de meetonregelmatigheden op de interpretaties van de resultaten is studieafhankelijk en de bronnen van de inconsistenties kunnen niet aan één enkele bron worden toegeschreven. Deze studie biedt een startpunt voor het beoordelen van de mogelijke impact van meetvariabiliteit op de interpretatie van bladwas- $n$ -alkanen.

Alles bij elkaar genomen, stel ik vast dat de taxonomische- en omgevingsignalen verstrengeld zijn, vooral in blad  $n$ -alkanen. Bodem  $n$ -alkaanpatronen weerspiegelen de omgevingsomstandigheden op de locatie, maar de resultaten kunnen niet uitsluiten dat de vegetatiestructuur ook het bodem  $n$ -alkanen signaal beïnvloedt. Chemotaxonomische identificatie op familieniveau of lager, op basis van alleen  $n$ -alkaanpatronen (of samenvattende statistieken daarvan), lijkt echter een onwaarschijnlijke toepassing van de  $n$ -alkaanproxy in het sedimentaire archief. Dit komt gedeeltelijk door de wijziging van de  $n$ -alkaanpatronen naarmate het bronmateriaal (plant) afbreekt. Het  $n$ -alkaan signaal is herkenbaar als van plantaardige oorsprong, maar er is een duidelijke vermindering in variabiliteit. Bovendien wordt de metriek voor degradatie (bekend als de koolstofvoorkeurindex, die de oneven-over-even verdeling van het  $n$ -alkaanpatroon kwantificeert) een steeds belangrijkere descriptor van de verschuivingen in het  $n$ -alkaanpatroon uit bodems en sedimenten. Er zijn echter veelbelovende aanwijzingen (samen met andere koolstofvoorkeurindex-

onderzoeken) die suggereren dat er een verband bestaat tussen het afbraakniveau en het *n*-alkaansignaal in moderne bodems. Als de oorsprong van de *n*-alkanen in het natuurlijke archief kan worden vastgelegd, meen ik dat *n*-alkaanpatronen die uit sedimenten worden gewonnen kunnen worden gebruikt als een proxy voor veranderingen in de omgeving in combinatie met andere palaeoecologische proxies. In mijn onderzoek constateer ik echter ook een belangrijke kennislacune betreffende ons begrip van de enorme variabiliteit in de *n*-alkaanpatronen die worden geëxtraheerd uit bladeren, dood bladmateriaal, bodems en sedimenten: er is zeer weinig kennis over hoeveel onze protocollen voor het extraheren en meten van de *n*-alkanen bijdragen aan de gevonden variabiliteit en welke implicaties dit heeft voor onze interpretaties (en dus begrip) van het *n*-alkaan signaal. Over het algemeen ben ik van mening dat er behoefte is aan een dieper begrip van dit deel van *n*-alkanen variabiliteit. Ik zou graag meer onderzoek willen zien dat een multivariate analyse van de *n*-alkaanpatronen presenteert, alvorens een omgevings- of taxonomisch signaal toe te kennen aan de descriptive statistieken.

# RESÚMEN

Un entendimiento detallado de la historia del pasado de los ecosistemas es indispensable para una toma de decisiones políticas y gestiones efectivas, sobre todo el uso del suelo y el cambio climático (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009).

Por lo tanto, es necesario desarrollar nuevas herramientas, como el proxy *n*-alcano, que permitan profundizar nuestra comprensión de la historia de los ecosistemas. En el marco de la riqueza de los Andes ecuatorianos (Jørgensen y León-Yáñez, 1999) y el uso particular del suelo y las amenazas del cambio climático que experimentan (Cuesta et al., 2009; Josse et al., 2009), establezco en esta tesis un marco para ampliar la comprensión de los patrones de *n*-alcanos de cera vegetal y su utilidad como proxy paleo ecológico. Singularmente, en esta tesis abordaré la siguiente pregunta general: ¿qué reflejan los patrones *n*-alcanos extraídos de los registros sedimentarios? Seguidamente, las tres preguntas clave sin respuesta que quedan son:

- ¿Los factores ambientales o taxonómicos dominan la señal de *n*-alcanos en un contexto dado?
- ¿Se altera la evidencia (señal) de los *n*-alcanos a medida que el material vegetal se degrada?
- ¿Cuánto de la variabilidad de los *n*-alcanos puede ser atribuido a nuestros protocolos analíticos?

Mi investigación es presentada en cinco etapas. En la primera, estudio los factores que controlan la señal de los *n*-alcanos en las hojas de especies de árboles tropicales (producción). En la segunda, analizo como la señal de los *n*-alcanos se transforma a medida que convierte en hojarasca y en los suelos (procesos). En la tercera, estudio la evidencia de *n*-alcanos de un archivo natural (preservación). En la cuarta etapa, examino cómo el error de medición podría confundir nuestra comprensión de la señal de los *n*-alcanos (protocolos). Finalmente, considero mis hallazgos y la bibliografía sobre los *n*-alcanos para responder la pregunta general y las preguntas derivadas de la tesis.

El capítulo dos caracteriza las diferencias de producción de *n*-alcanos entre y dentro de seis especies de árboles tropicales. Para lograr esto, medí la cera vegetal de seis arboles a lo largo de un gradiente ambiental en los Andes ecuatorianos. Los datos obtenidos muestran que la composición de los *n*-alcanos de las hojas de las especies cambia de manera similar y a la par del gradiente ambiental; sin embargo, también se puede observar cambios específicos de especies. La temperatura media anual, particularmente, se identifica como una fuerte influencia en la composición de los *n*-alcanos de cera de hoja. Este estudio proporciona una comprensión profunda de la plasticidad de los *n*-alcanos de la cera vegetal en las plantas modernas, lo que es relevante para interpretar los cambios en las ceras vegetales preservadas en suelos antiguos y sedimentos.

En el capítulo tres se investiga la degradación de los procesos de los *n*-alcanos a medida que se mueven de las hojas a los suelos y sedimentos en el medio ambiente moderno. Medí los *n*-alcanos vegetales en las hojas y en los suelos a lo largo de un gradiente ambiental en los Andes ecuatorianos. Estos datos muestran como la composición de la cera cambia, así como el material vegetal se degrada en diferentes entornos. La temperatura local media anual se ve reflejada en los *n*-alcanos de la cera extraída de las hojas y del suelo a pesar de su degradación.

Este estudio provee un conjunto de datos de calibración moderno para interpretar los cambios en las ceras vegetales preservadas en los vetustos suelos y sedimentos.

En el capítulo cuatro se explora la preservación e interpretación de los *n*-alcanos en antiguos depósitos sedimentarios. Determiné la composición de los *n*-alcanos las ceras de las plantas preservadas en los sedimentos del Pleistoceno Medio de los Andes ecuatorianos. Estos datos revelan que las ceras son de origen terrestre y que los cambios en la cera reflejan indirectamente los cambios en la temperatura en el momento de la deposición. Las ceras sedimentarias de las plantas fueron interpretadas en base a los modernos conjuntos de datos de calibración de hojas y suelos. Este estudio da un ejemplo de como se pueden usar los *n*-alcanos de la cera de las plantas preservadas en sedimentos para ayudar a reconstruir entornos y condiciones pasadas.

El capítulo cinco investiga la reproducibilidad de los protocolos de extracción y medición de *n*-alcanos, el efecto de baja reproducibilidad sobre las interpretaciones y las posibles fuentes de variabilidad. De la bibliografía reuní las mediciones de cera de las plantas que se repitieron con el propósito de testar la reproducibilidad de la medición. Estos datos sugieren que la composición de la cera vegetal se mide de forma consistente, a pesar de la inconsistente medición de la concentración de cera. El efecto de las irregularidades de medición en la interpretación de los resultados, son dependientes del estudio y los orígenes de las inconsistencias no pueden atribuirse a una sola fuente. Este estudio provee un punto de partida para evaluar el impacto de la variabilidad de la medición en la interpretación de los *n*-alcanos de la cera vegetal.

Puestos en conjunto, encuentro que los caracteres (señales) ambientales y taxonómicos están mezclados, especialmente en los *n*-alcanos extraídos de las hojas. Los patrones de *n*-alcanos del suelo reflejan las condiciones medioambientales del sitio, pero los resultados no pueden descartar una señal de estructura vegetal en los *n*-alcanos del suelo. No obstante, la identificación quimiotaxonómica a nivel familiar o inferior, utilizando patrones de *n*-alcanos (o estadísticas descriptivas de los mismos), parece una improbable aplicación de los indicadores *n*-alcanos en los registros sedimentarios. Esto se debe en parte a la alteración de los patrones de *n*-alcanos a medida que la materia origen (planta) se degrada. En la señal de los *n*-alcanos se reconoce su origen vegetal, pero hay una clara reducción en la variabilidad y métrica de degradación (índice de preferencia de carbono, que mide la distribución impar-sobre-par del patrón de *n*-alcanos) incrementa en su importancia

descriptiva de los cambios del patrón de los *n*-alcanos observados en los suelos y en los sedimentos.

Sin embargo, existe evidencia prometedora (junto a otros estudios del índice de preferencia de carbono) que sugieren que existe un vínculo entre el nivel de degradación y la evidencia de los *n*-alcanos en los suelos modernos. De hecho, cuando el origen del registro se puede demarcar, encontré que los patrones de *n*-alcanos extraídos de los sedimentos, podían usarse como un indicador para el cambio medioambiental en combinación con otros indicadores palaeoecológicos. Aún así, encuentro también, una importante brecha de conocimiento en la comprensión de la vasta variabilidad encontrada en los patrones de *n*-alcanos extraídos de las hojas, hojarasca, suelos y sedimentos: hay muy poca comprensión de cuánto contribuyen nuestros protocolos de extracción y medición de los *n*-alcanos a la variabilidad observada, y que implicaciones tienen en nuestras interpretaciones. Y por lo tanto tampoco conocemos su efecto sobre nuestra comprensión de la señal de los *n*-alcanos. En general, creo en la necesidad de una mejor comprensión de esta parte de la variabilidad, y me gustaría ver más investigaciones que presenten un análisis multivariado de los patrones de *n*-alcanos, antes de atribuir una señal a factores ambientales o taxonómicos.